

## EXPOSURE MASK AND MANUFACTURING METHOD AND DEVICE THEREFOR

Patent Number: JP7104457  
Publication date: 1995-04-21  
Inventor(s): KAWANO KENJI; others: 03  
Applicant(s): TOSHIBA CORP  
Requested Patent: ☐ JP7104457  
Application Number: JP19930304186 19931203  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G03F1/08; H01L21/027  
EC Classification:  
Equivalents: JP3253783B2

### Abstract

**PURPOSE:** To provide an exposure half-tone type phase shift mask capable of preventing the fluctuation of the physical properties of a translucent film due to the irradiation of exposure light, and contributing to the improvement of pattern transfer accuracy.

**CONSTITUTION:** Regarding the exposure half-tone type phase shift mask made of a SiN translucent film 102 formed on a transparent substrate to a desired pattern, the features are that light having wavelength included in the absorption band of the film 102 for exposure wavelength is radiated from the side of the substrate 101 to the film 102, thereby forming a stabilizing layer 103 at a boundary between the substrate 101 and the film 102 to prevent the physical property fluctuation of the film 102 due to the exposure light being radiated.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-104457

(43)公開日 平成7年(1995)4月21日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 3 F 1/08

A

H 0 1 L 21/027

7352-4M

H 0 1 L 21/ 30

5 0 2 P

7352-4M

5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平5-304186

(22)出願日 平成5年(1993)12月3日

(31)優先権主張番号 特願平5-201558

(32)優先日 平5(1993)8月13日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 川野 健二

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 伊藤 信一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 東川 巖

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

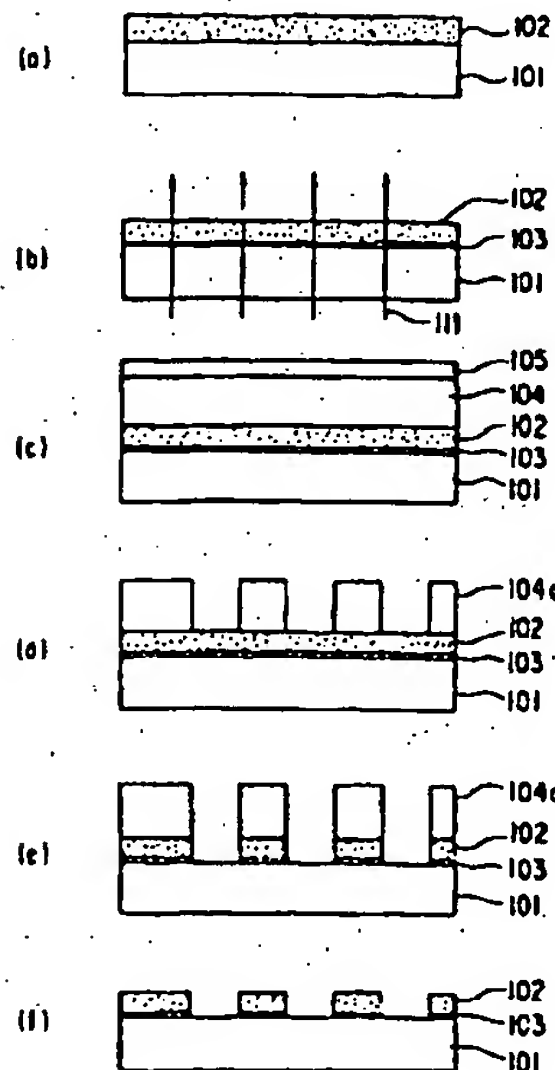
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 露光用マスクとその製造方法及び製造装置

(57)【要約】

【目的】 露光光の照射に伴う半透明膜の物性変動を防止することができ、パターン転写精度の向上に寄与し得る露光用のハーフトーン型位相シフトマスクを提供すること。

【構成】 透明基板101上にSiNからなる半透明膜102を所望パターンに形成してなる露光用のハーフトーン型位相シフトマスクにおいて、半透明膜102の露光波長における吸収帯に含まれる波長の光を基板101側から半透明膜102に照射することにより、基板101と半透明膜102との境界部分に、露光光の照射に伴う半透明膜102の物性変動を防止するための安定化層103を形成したことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】透光性基板上に所望パターンに形成された半透明膜と、前記透光性基板と半透明膜との境界部分に形成され、露光光の照射に伴う半透明膜の物性変動を防止するための安定化層とを具備してなることを特徴とする露光用マスク。

【請求項2】透光性基板上に所望パターンに形成された半透明膜と、前記透光性基板と半透明膜との境界部分又は半透明膜の少なくとも表面部分に形成され、露光光の照射又は時間経過に伴う半透明膜の物性変動を防止するための改質領域とを具備してなることを特徴とする露光用マスク。

【請求項3】透光性基板上に半透明膜を形成する工程と、前記半透明膜上に感光性樹脂膜を形成する工程と、前記感光性樹脂膜を放射線又は荷電粒子線により露光して感光性樹脂パターンを形成する工程と、前記感光性樹脂パターンをマスクに前記半透明膜の露出している部分を除去する工程と、前記感光性樹脂パターンを除去する工程とを含む露光用マスクの製造方法において、前記感光性樹脂膜を形成する工程より前又は前記感光性樹脂パターンを形成する工程より後に、前記半透明膜の露光波長における吸収帯に含まれる波長の光又は前記半透明膜の赤外域における吸収帯を含む赤外光を、透光性基板側より半透明膜に照射することによって、前記透光性基板と半透明膜との境界部分に安定化層を形成することを特徴とする露光用マスクの製造方法。

【請求項4】透光性基板上に半透明膜を形成する工程と、前記半透明膜上に感光性樹脂膜を形成する工程と、前記感光性樹脂膜を放射線又は荷電粒子線により露光して感光性樹脂パターンを形成する工程と、前記感光性樹脂パターンをマスクに前記半透明膜の露出している部分を除去する工程と、前記感光性樹脂パターンを除去する工程とを含む露光用マスクの製造方法において、前記感光性樹脂膜を形成する工程より前又は前記感光性樹脂パターンを形成する工程より後に、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの工程を行うことによって、前記透光性基板と半透明膜との境界部分又は半透明膜の少なくとも一部を改質することを特徴とする露光用マスクの製造方法。

【請求項5】透光性基板上に形成された半透明膜に対し、該半透明膜の露光波長における吸収帯の少なくとも一部を含む光を基板側から照射する第1の光源と、前記半透明膜に対し露光波長の光を照射する第2の光源と、第2の光源から出射されて前記半透明膜を透過した光を検出し、該半透明膜の光透過率を測定する透過率測定部と、この透過率測定部により測定された光透過率に応じて第1の光源を制御する手段とを具備してなることを特徴とする露光用マスクの製造装置。

【請求項6】透光性基板上に形成された半透明膜に対し、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの処理

が行える処理装置と、前記半透明膜に対し少なくとも露光波長を含む光を照射する光源と、前記光源から出射されて前記半透明膜を透過或いは反射した光を検出し、該半透明膜の光透過率、光反射率、複素屈折率、膜厚、膜厚変化、位相及び位相差の少なくとも一つを測定する測定部とを具備してなることを特徴とする露光用マスクの製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置の製造におけるリソグラフィ工程で用いられる露光用マスクとその製造方法及び製造装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体集積回路は、高集積化、微細化の一途を辿っている。この要求に対し、露光光源の短波長化によって対応することが検討されている。一方で、露光光源を変えずに露光用のマスクを工夫する位相シフト法が近年脚光を浴びている。位相シフト法は、位相シフトと呼ばれる位相を反転する部分を設け、隣接するパターンにおける光の正の干渉の影響を取り除いてパターン精度の向上を図るものである。これまで様々な位相シフト法が提案されてきたが、なかでもレベンソン法は解像性能と焦点深度を飛躍的に向上させる手法として特に知られている。

【0003】レベンソン法は、隣接する光透過部を透過する光の位相差を180度にし、負の干渉を生じさせるもので、ライン&スペースパターンなど周期的パターンに対し解像力の向上効果が大きい。しかし、3つ以上のパターンが互いに隣接する場合に設ける位相差を180度とした場合、位相が等しくなる部分が少なくとも一箇所は生じることになり、隣接する部分の位相差が0となった部分では、解像力の向上効果は得られない。このため、実デバイスパターンへの汎用を考えた場合には設計等の見直しが必要となってくる。

【0004】一方、デバイスの設計を変更する必要のない位相シフト法の一つにハーフトーン法が挙げられる。この手法は遮光膜の代わりに半透明膜を用い、かつ半透明膜を透過する光と透明部を透過する光との位相差を180度となるようにすることで、パターン解像度の低下の原因となる光の干渉を軽減するものである。ハーフトーン法において、位相シフト向上効果を最大限に引き出すためには、半透明膜の透過率と透明部との光の位相差を最適化する必要がある。

【0005】このようなハーフトーン法として、特開平4-136854号公報に示されるような多層膜を使い、位相と透過率を調整するものが考えられている。しかし、多層膜を用いた場合は転写工程が2度にわたり、また下層に欠陥が生じた場合に修正が困難であるという問題点があった。これに対し特願平4-327623号に示されるように、単層膜で位相と透過率を調整するこ

とが検討されてきた。しかし、単層の半透明膜で透過率と位相差の両者を同時に制御するには、半透明膜として用いる膜の組成は限られたものになる。

【0006】ところで、半透明膜には通常、中間的な組成即ち半結合状態を含む膜を用いており、露光時の光照射に伴い半透明膜の物性変動が容易に起こり得る。光照射の影響は、露光光の照射方向が透明基板から半透明膜側であるため、半透明膜の透明基板との界面側で最も強く受ける。半透明膜は露光波長に対して吸光度が大きい  
10 ため、界面付近での光反応或いはこれに伴う熱により熱反応が起こる。このため、酸化処理などの半透明膜表面の膜質の安定化だけでは、露光光照射に対する耐性がなく、主に透明基板との界面付近において半透明膜の物性変動が生じるという問題点が生じていた。

【0007】そして、この反応に伴いハーフトーン型位相シフトマスクの半透明膜の位相差及び透過率が、露光時の光照射により所望の値からずれるため、マスク作成後、振幅透過率及び位相差の経時変化に伴う転写レジストパターン形状の劣化や焦点深度低下が生じていた。

【0008】なお、半透明膜の物性変動が生じなくなる  
20 まで放置することも可能であるが、膜質が安定化するまで数年を要するため非実用的である。また、本提案は後述のように放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの工程により前記問題点を解決する手法を提供するものである。ところが、これまで放射線照射の終点判別は特開平3-131027号公報に見られるように間接的に判断していた。つまり、照射処理により形成される絶縁膜の膜質と照射処理中の温度並びに照射処理時間の関係を予め求めておき、照射中の温度をモニタすることにより処理時間を割り出していた。また、特開平3-278  
30 524号公報に見られるように照射処理前に予め赤外光に対する透過率、反射率を測定しランプ出力を補正する方法が行われてきた。これらの方法では、処理中の膜厚や物性値などを直接把握することができず、この結果、処理終了後に得られる膜の物性値に差が生じてしまうという問題点が生じていた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、ハーフトーン型位相シフトマスクにおいては、露光時の光照射又は時間経過に伴い半透明膜の物性変動が起こり、半透明膜の位相差及び透過率が所望値からずれる問題があり、これが転写レジストパターン形状の劣化や焦点深度低下を招く要因となっていた。また、前述の放射線照射、加熱処理中の透過率及び位相差を直接把握できないため、位相シフト効果を最大限発揮できる露光用マスクが再現性良く製造することは困難であった。

【0010】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、露光光の照射又は時間経過に伴う半透明膜の物性変動を防止することができ、  
50 パターン転写精度の向上に寄与し得る露光用マスクとそ

の製造方法及び製造装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の骨子は、ハーフトーン型位相シフトマスクの半透明膜の位相差及び透過率が、露光時の光照射又は時間経過によって変化しないようにするため、露光前の工程で半透明膜に放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの工程を行うことにより半透明膜を安定化させることにある。

【0012】即ち、本発明（請求項1）は、透光性基板上に所望パターンに半透明膜を形成してなる露光用マスクにおいて、透光性基板と半透明膜との境界部分に、露光光の照射に伴う半透明膜の物性変動を防止するための安定化層を形成したことを特徴とする。

【0013】また、本発明（請求項2）は、透光性基板上に所望パターンに半透明膜を形成してなる露光用マスクにおいて、透光性基板と半透明膜との境界部分又は半透明膜の少なくとも表面部分に、露光光の照射又は時間経過に伴う半透明膜の物性変動を防止するための改質領域を形成したことを特徴とする。

【0014】より具体的には、成膜時において生じるダングリングボンドの数を、酸化反応、架橋反応により減少させることを特徴としている。ここで、半透明膜にSi化合物、Cr化合物、Al化合物、Ti化合物、MoSi化合物、及びこれらの混合物が用いられている。とりわけ、Si化合物ではSiのダングリングボンドの密度が約 $1.0 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下であることが望ましい。なお、他の元素化合物により構成される半透明膜についても同様にダングリングボンド数を抑えることが必要である。

【0015】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

(1.1) 安定化層又は改質領域は、半透明膜の露光波長における吸収帯の少なくとも一部の波長の光を照射することによって形成されたものであること。

(1.2) 安定化層又は改質領域は、半透明膜の赤外域における吸収帯の少なくとも一部を含む赤外光を照射することによって形成されたものであること。

(1.3) 安定化層又は改質領域は、加熱することによって形成されたものであること。

40 (1.4) 安定化層又は改質領域は、酸化させることによって形成されたものであること。

(1.5) 安定化層又は改質領域は、放射線照射、加熱処理の少なくとも一つの処理と酸化処理を同時に行うことで、改質反応をより促進させて形成されたものであること。

(1.6) 安定化層又は改質領域は、放射線照射と加熱処理を同時に行うことで改質反応をより促進させて形成されたものであること。

50 (1.7) 安定化層又は改質領域は、少なくとも透光性基板側から半透明膜に向けた方向を含む放射線の照射により



形成されたものであること。

(1.8) 安定化層又は改質領域は、放射線照射を半透明膜を構成する物質の吸収帯の少なくとも一部を含む光で行うことによって形成されたものであること。

(1.9) 改質領域は、放射線照射を  $k_1 > k(\lambda)$  ( $k$  は半透明膜の消衰係数、 $k_1$  は露光波長における半透明膜の消衰係数、 $\lambda$  は波長) を満たす波長  $\lambda$  を含む光で行うことによって形成されたものであること。

(1.10) 半透明膜は、改質時の複素屈折率の変化を考慮し、成膜時における半透明膜の複素屈折率を所望の透過率と位相差を満足する複素屈折率と異なる点に設定し、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの手法を行うことにより、複素屈折率を所望の透過率と位相差を満足する値に調整して作成されたものであること。このときのずれ量は、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの手法を行うことによる複素屈折率シフトを見込んで行うとよい。

【0016】また、本発明(請求項3)は、上記露光用マスクを製造するための露光用マスクの製造方法において、透光性基板上に半透明膜を形成する工程と、半透明膜上に感光性樹脂膜を形成する工程と、感光性樹脂膜を放射線又は荷電粒子線により露光して感光性樹脂パターンを形成する工程と、感光性樹脂パターンをマスクに半透明膜の露出している部分を除去する工程と、感光性樹脂パターンを除去する工程と、感光性樹脂膜を形成する工程の前又は感光性樹脂パターンを形成する工程の後に、半透明膜の露光波長における吸収帯に含まれる波長の光又は半透明膜の赤外域における吸収帯を含む赤外光を、透光性基板側より半透明膜に照射することによって、透光性基板と半透明膜との境界部分に安定化層を形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0017】また、本発明(請求項4)は、上記露光用マスクを製造するための露光用マスクの製造方法において、透光性基板上に半透明膜を形成する工程と、半透明膜上に感光性樹脂膜を形成する工程と、感光性樹脂膜を放射線又は荷電粒子線により露光して感光性樹脂パターンを形成する工程と、感光性樹脂パターンをマスクに前記半透明膜の露出している部分を除去する工程と、感光性樹脂パターンを除去する工程、感光性樹脂膜を形成する工程より前又は感光性樹脂パターンを形成する工程より後に、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの工程を行うことによって、透光性基板と半透明膜との境界部分又は半透明膜の少なくとも一部を改質する工程を含むことを特徴とする。

【0018】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

(2.1) 安定化層又は改質領域を形成する際に用いられる光が、半透明膜の露光波長における吸収帯の少なくとも一部の波長を含んでいること。

(2.2) 安定化層又は改質領域を形成する際に用いられる

赤外光が、半透明膜の赤外域における吸収帯の少なくとも一部を含んでいること。

(2.3) 安定化層又は改質領域の形成が、加熱によって行われること。

(2.4) 加熱が、ホットプレート上、高温チャンバ内の少なくとも一つで行われること。

(2.5) 安定化層又は改質領域の形成が、半透明膜を酸化させることによって行われること。

(2.6) 酸化が、酸素原子を含む雰囲気中で行われること。

(2.7) 酸化が、酸化性溶液中に浸すことで行われること。

(2.8) 酸化性溶液として、発煙硝酸又は硫酸と加算化水素水の混合液を用いること。

(2.9) 安定化層又は改質領域の形成が、放射線照射、加熱処理の少なくとも一つの処理と酸化処理を同時に行い、改質反応をより促進させて行われること。

(2.10) 安定化層又は改質領域の形成が、少なくとも遮光性基板側から半透明膜に向けた方向を含む放射線の照射で行われること。

(2.11) 安定化層又は改質領域の形成が、放射線照射処理と加熱処理を同時に行い、改質反応をより促進させて行われること。

(2.12) 安定化層又は改質領域を形成する際に用いられる光が、半透明膜を構成する物質の吸収帯の少なくとも一部を含んでいること。

(2.13) 安定化層又は改質領域を形成する際に用いられる光が、 $k_1 > k(\lambda)$

( $k$  は半透明膜の消衰係数、 $k_1$  は露光波長における半透明膜の消衰係数、 $\lambda$  は波長) を満たす波長  $\lambda$  を含むものであること。

(2.14) 半透明膜は、改質時の複素屈折率の変化を考慮し、成膜時における半透明膜の複素屈折率を所望の透過率と位相差を満足する複素屈折率と異なる点に設定し、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの手法を行うことにより、複素屈折率を所望の透過率と位相差を満足する値に調整されたものであること。このときのずれ量は、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの手法を行うことによる複素屈折率シフトを見込んで行うとよい。

(2.15) 望ましくは光透過率、光反射率、複素屈折率、膜厚変化及び位相差をモニタすることで、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの処理を制御するようにされたものであること。

(2.16) 望ましくは放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの処理が複素屈折率及び膜厚から透過率、位相差を算出し、この値に基づき制御されるようにされたものであること。

(2.17) 安定化層又は改質領域を形成する工程は、半透明膜上に感光性樹脂膜が形成されていない状態、又は感光

性樹脂膜が形成されかつそれが露光によりパターン形成された状態で行われること。安定化層又は改質領域を形成する工程として、酸素を含む雰囲気チャンバ内に透光性基板を配置し、光の照射により安定化層を形成すると同時に半透明膜表面に酸化膜を形成すること。

【0019】また、本発明（請求項5）は、上記露光用マスクを製造するための露光用マスクの製造装置において、透光性基板上に形成された半透明膜に対し、該半透明膜の露光波長における吸収帯の少なくとも一部を含む光を基板側から照射する第1の光源と、半透明膜に対し露光波長の光を照射する第2の光源と、第2の光源から出射されて半透明膜を透過した光を検出し、該半透明膜の光透過率を測定する透過率測定部と、この透過率測定部により測定された光透過率に応じて第1の光源を制御する手段とを具備してなることを特徴とする。

【0020】また、本発明（請求項6）は、上記露光用マスクを製造するための露光用マスクの製造装置において、透光性基板上に形成された半透明膜に対し、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの処理が行える処理装置と、半透明膜に対し少なくとも露光波長を含む光を照射する光源と、光源から出射されて半透明膜を透過或いは反射した光を検出し、該半透明膜の光透過率、光反射率、複素屈折率、膜厚変化及び位相差の少なくとも一つを測定する測定部とを具備してなることを特徴とする。

【0021】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

(3.1) 透光性基板の周囲の少なくとも一部を固定し、かつ透光性基板面と平行に回転する基板装着部を設け、透光性基板及び半透明膜に対して均一な光照射を可能とすること。

(3.2) 放射線照射による処理装置（第1の光源を持つ）において、測定部により得られる情報が光透過率である場合、光透過率測定部で第1の光源と半透明膜に対し少なくとも露光波長を含む透過率測定用の光を照射する第2の光源からの光を区別するために、各々の光源からの光を直線偏光板を通して偏光させ、第1の光源側の偏光板と第2の光源側の偏光板の偏光方向を相互に直交させること。第2の光源側の偏光板は、透光性基板の両側に配置されているのが望ましいが、透光性基板の一方側（透過率測定側）のみに配置されていてもよい。

(3.3) 放射線照射による処理装置（第1の光源を持つ）において、測定部により得られる情報が光透過率である場合、光透過率測定部で第1の光源と半透明膜に対し少なくとも露光波長を含む透過率測定用の光を照射する第2の光源からの光を区別するために、各々の光源の波長を異ならせること。透過率測定部で第2の光源からの光のみを検出するためには、波長選択性を有する受光部又は第2の光源からの光を通し第1の光源からの光をカットするフィルタを用いればよい。

(3.4) 放射線照射による処理装置（第1の光源を持つ）において、測定部により得られる情報が光透過率である場合、光透過率測定部で第1の光源と半透明膜に対し少なくとも露光波長を含む透過率測定用の光を照射する第2の光源からの光を区別するために、第1の光源と第2の光源の照射時期をずらすこと。第1の光源からの照射が周期的に行われ、第1の光源からの照射が行われていない時期に光透過率が測定できることが望ましい。

(3.5) 望ましくは光透過率、光反射率をもとに半透明膜の位相差を求める解析部が具備されていること。

(3.6) 望ましくはエリプソメータにより半透明膜の複素屈折率と膜厚を求め、かつ複素屈折率と膜厚より位相差が算出できる解析部が具備されていること。

(3.7) 透光性基板を収容するチャンバにガス導入口を設け、第1の光源より放出される光の波長がチャンバ内に導入されるガスの吸収帯の少なくとも一部を含み、第1の光源より光が放出されるのと同時にガスを導入することでガスとの反応も生じるようにすること。

(3.8) 第1の光源より放出される光により励起されたガス分子から更に放出される光が、半透明膜の露光波長における吸収帯の少なくとも一部を含むものであること。

(3.9) ガスないしは光励起されたガスが、酸化性を有していること。

(3.10) 第1の光源から放出された光により励起されたガス分子から更に放出される光が、第2の光源から放出された光と互いに直交する方向に偏光されること。

【0022】

【作用】半透明位相シフト膜を単層膜として作製する場合、Si, Cr, Ge, Ti, Ta, Al, Sn, Mo, Si, WSi, その他の金属元素若しくはカーボン、或いはこれらの酸化物、窒化物、炭化物、水素化物、ハロゲン化物の単体、又はこれらの混合物が良く用いられる。これらの膜は、前述のように透過率と位相差の両者を同時に制御する機能を持たせるため、膜の組成が中間的となる。このため、膜中における分子間の結合状態は、必ずしも安定ではない。このような膜は露光時の照射エネルギーにより結合に寄与する電子が励起され、結果として結合状態は成膜時から変化する。これにより、膜の光学定数とりわけ露光波長に対する振幅透過率が変動する。

【0023】図13にKrFレーザ露光用SiNを半透明位相シフト膜として用いた場合の露光照射による振幅透過率変化を示す。本発明者らは、半透明膜の安定化をはかるため、膜表面を酸化する手法を検討してきた。しかしこの手法においても、半透明膜の経時的な安定化ははかれても、露光照射により半透明膜の振幅透過率は上昇し、所望の光学定数からのずれが生じる。

【0024】i線露光用SiNを例にとると、図20において所望の屈折率n、消衰係数kを満たす点K0から露光照射により点K0'へシフトし、結果として最適な透



過率、位相差が得られない。

【0025】そこで本発明では、半透明膜成膜後から露光用マスクとして用いるまでの工程で予め放射線、望ましくは半透明位相シフト膜を最も効率良く安定化できる波長に限定された放射線を直接的或いは間接的に照射させること、加熱処理を施すこと、酸化処理を施すことにの少なくとも一つを行うことによって、膜を安定化させ、露光による膜質変動並びに時間経過による物性変動を抑えることを特徴としている。これにより、図12に示すように、SiNを半透明位相シフト膜として用いた場合の露光照射による振幅透過率変化を殆どなくすることができ、

【0026】なお、本発明においては、酸化処理或いは放射線照射時に反応を活性化するために加熱することも含んでいる。また、これら放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの処理によって生じる複素屈折率変化を考慮し、成膜時における半透明膜の複素屈折率である屈折率及び消衰係数を図14に示すように所望値から予めずらした点(図中のA, B, C, D点)に設定することで、安定化領域形成後に位相シフト効果を最大限に発揮することのできる条件(図中のX点)に制御することが可能となる。この場合、望ましくは調整方向が組成比を変えたときに得られる屈折率 $n$ と消衰係数 $k$ のカーブに沿う方向で予め設定すればよい。

【0027】露光波長を $i$ 線とした場合のCrOの組成を変えたときに得られる屈折率 $n$ と消衰係数 $k$ のカーブの一例を図15に示す。このときに得られる半透明膜の屈折率 $n$ 、消衰係数 $k$ は成膜条件によりE1, E2, E3, E4のような点をとる。成膜時において予め屈折率 $n$ を小さくかつ消衰係数 $k$ を大きく設定する(図中のE1, E2点)か、また屈折率 $n$ を大きくかつ消衰係数 $k$ を小さく設定する(図中のE3, E4点)ことで、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの処理を行った後に位相シフト効果を最大限に発揮することのできる条件(曲線L1)に制御することが可能となる。露光波長を $g$ 線とした場合も図16に示されるように同様である。

【0028】また、露光波長を $i$ 線とした場合のAlOの組成比を変えたときに得られる屈折率 $n$ と消衰係数 $k$ のカーブを図17に示す。同様に成膜時において予め屈折率 $n$ を小さくかつ消衰係数 $k$ を大きく設定する(図中のF1, F2点)か、又は屈折率 $n$ を大きくかつ消衰係数 $k$ を小さく設定する(図中のF3, F4点)。このときのずれ量は、放射線照射、加熱及び酸化の少なくとも一つの処理によって生じる複素屈折率シフトを見込んで行うとよい。これにより、安定化領域形成後に位相シフト効果を最大限に発揮することのできる条件(曲線L2)に制御することが可能となる。露光波長を $g$ 線のKrFレーザとした場合も図18に示されるように同様である。また、露光波長を $g$ 線、 $i$ 線としたTiOの場合

も図19に示されるように同様である。

【0029】また、これらCrO, AlOの他のCrN, CrON, AlON, AlN, TiO, TiN, TiON等の組成を含む金属化合物などの場合も同様である。但し、CrN, AlN, TiN等に対し、酸化反応により半透明膜を構成する元素に新たに酸素が加わる場合には次の手法で変化量を定める必要がある。 $i$ 線においてSiN膜を用いる場合を例にとると、組成比を変えたときに得られる屈折率 $n$ と消衰係数 $k$ のカーブは図20に示される。SiNのNの組成比を変えて得られる $(n, k)$ 曲線1を求め、この $(n, k)$ 曲線から成膜時に目標とする化合物(N組成比 $\alpha$ )を予め定める(点K1)。次いで、SiNaOでO組成を変えて得られる $(n, k)$ 曲線2から酸化によるO添加量と放射線照射又は加熱で生じる $(n, k)$ 点シフトを見積もること、で、所望の $(n, k)$ を満たす点K2を求めることが可能である。なお、曲線2の場合のN組成比 $\alpha$ は、点K0におけるSiNの組成比 $\beta$ 以下でなくてはならない。

【0030】また、本発明の露光用マスク製造装置を用いれば、安定化処理中の透過率、位相差を求めることができるので、位相シフト効果を最大限発揮できる露光用マスクを再現性良く製造することができる。

【0031】なお、本発明の適用はSiNに限るものではなく、SiO, SiON及びSiN, SiO混合物、CrO, CrN, CrON, AlO, AlON, AlN, MoSiO, MoSiN, MoSiNO, TiO, TiN, TiON膜に対しても適用できる。なお、酸化反応の代わりに窒化、ハロゲン化、水素化、炭化反応を施すことによっても同様の効果を得ることが可能である。

【0032】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

(実施例1) 図1は、本発明の第1の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図である。本実施例では、露光光源をKrFレーザとし、ハーフトーンマスクの半透明膜にはSiNを用いた。

【0033】また、図21に本実施例における屈折率 $n$ 、消衰係数 $k$ の推移を示す。曲線AはSiNをスパッタ法により成膜したときの組成比に対する $(n, k)$ 曲線、曲線BはP1点のSiNx組成を固定しさらに酸素を添加したときの添加量に対する $(n, k)$ 曲線、曲線CはP2点におけるSiNxOy組成に対し、さらに光照射によりダングリングボンドを減少させて得られる $(n, k)$ 曲線である。

【0034】まず、図1(a)に示すように、石英等からなる透明基板101上にスパッタ法により膜厚が96nmのSiN膜(半透明膜)102を形成する。このとき、半透明膜102の振幅透過率は17.6%であった(図21のP1点)。続いて、予め半透明膜表面の経時

変化を防止するため、過酸化水素水と硫酸の酸化性混合溶液に基板101を浸し、半透明膜102の改質を行う。このとき、改質は面内均一に行われ、半透明膜102の振幅透過率は20.1%となった(図21のP2点)。

【0035】次いで、図1(b)に示すように、光安定化処理として水銀ランプにより300nm近傍に波長を持つ遠紫外線111を基板から半透明膜方向に基板101に対し均一に照射させることにより、基板101と半透明膜102の界面に安定化層103を形成する。このとき、安定化層103を含めた半透明膜102の振幅透過率は24.5%に変化した(図21のP3点)。

【0036】なお、成膜時のSiN膜の屈折率、消費係数及び膜厚は、酸化性混合溶液による酸化反応及び紫外線照射後に所望の透過率、位相差になるように、予め酸化性混合溶液による酸化反応及び遠紫外線照射での屈折率、消費係数及び膜厚の変化量を見込んで設定した。

【0037】次いで、図1(c)に示すように、SiN膜102上にEBレジスト104を塗布し、さらにEB描画時に生じるチャージアップを防止するために導電性の膜105をEBレジスト104上に形成する。その後、図1(d)に示すように、EB描画により所望のレジストパターン104aを形成する。

【0038】次いで、図1(e)に示すように、レジストパターン104aをマスクとしてSiN膜を選択エッチングすることにより、SiN膜102のパターニングを行う。エッチングにはCDE (Chemical Dry Etching) や、RIE (反応性イオンエッチング) 等を用いればよい。その後、レジストパターン104aを除去することにより、図1(f)に示すような露光用マスクが得られる。

【0039】なお、図1では基板101と半透明膜102の界面に安定化層103が形成される例を説明したが、必ずしも安定化層103が半透明膜102と明確に区別して形成されるものではなく、半透明膜102の改質によって安定化領域が形成されるものであってもよい。この場合の例を、図2(a)～(f)に示す。工程は図1と同様であり、安定化層103の代わりに安定化領域102'が形成されている。図2中の102'のドットの密度が高いほど結合状態が安定であることを示している。

【0040】このように本実施例方法によれば、透明基板101と半透明膜102との境界部分に安定層103を形成、又は安定化領域102'を形成しているため、図12に示すように、露光光照射で膜質が変化することなく、安定した性能を維持することができる。このため、実際の露光に使用しても、露光光の照射に伴う半透明膜の物性変動を防止することができ、パターン転写精度の向上に寄与することができる。

【0041】なお、ここでは安定化層103又は安定化

領域102'は光照射により形成されているが、加熱処理により形成してもよい。また、光照射と加熱処理を同時に行い安定化反応をより促進させて行ってもよい。

【0042】また、ここでは放射線の光源に水銀ランプを用いているが、他の光源、例えばキセノンランプとカットオフフィルタを併用して用いてもよい。また、ここでは半透明膜としてSiN膜を用いたが、SiN膜に限らず他の半透明膜、例えばSi、Cr、Ge、Ti、Ta、Al、Sn、MoSi、WSi、他の金属、カーボン、或いはこれらの酸化物、窒化物、炭化物、水素化物、ハロゲン化物の単体、又はこれらの混合物を用いても同様の効果が得られる。また、他の露光光源、例えば水銀ランプのi、g線やArFレーザ光などを対象とした半透明膜に対して適用可能である。

【0043】また、本実施例では表面酸化処理として過酸化水素水と硫酸の酸化性混合溶液を用いたが、他の酸化作用の強いもの、例えば発煙硝酸を用いてもよい。また、オゾン等の酸化性ガス雰囲気中に晒してもよい。また、CVD法などによって酸化膜を形成してもよい。また、図2中の102のドットの密度(例えば、酸素濃度)を膜内で勾配を持つように成膜条件、改質条件を調整してもよい。さらに、半透明膜の膜厚を本発明の趣旨を逸脱しない範囲において適当な厚さにしてもよい。また、導電性膜を半透明膜上に形成する代わりに、基板に予め帯電防止の役割をする膜が形成されているものを用いてもよい。

(実施例2) 図3は、本発明の第2の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図である。本実施例では、露光光源をKrFレーザとし、ハーフトーンマスクの半透明膜にはSiNを用いた。

【0044】まず、図3(a)に示すように、透明基板201上にスパッタ法により膜厚が96nmのSiN膜(半透明膜)202を形成する。このとき、半透明膜202の振幅透過率は17.6%であった。続いて、予め半透明膜表面の経時変化を防止するため、過酸化水素水と硫酸の酸化性混合溶液に基板201を浸し、表面の安定化を行う。このとき、半透明膜202の振幅透過率は20.1%となった。

【0045】次いで、図3(b)に示すように、SiN膜202上にEBレジスト204を塗布し、さらにEB描画時に生じるチャージアップを防止するために導電性の膜205をEBレジスト204上に形成する。その後、図3(c)に示すように、EB描画により所望のレジストパターン204aを形成する。

【0046】次いで、図3(d)に示すように、レジストパターン204aをマスクとしてSiN膜202を選択エッチングすることにより、SiN膜202のパターニングを行う。エッチングには、CDEやRIE等を用いればよい。

【0047】次いで、図3(e)に示すように、レジス



トパターン204aを除去した後、光安定化処理として水銀ランプにより300nm近傍に波長を持つ遠紫外線211を基板から半透明膜方向に基板201に対し均一に照射させることにより、安定化層203を形成する。このとき、安定化層203を含めた半透明膜202の振幅透過率は21.9%に変化した。

【0048】なお、成膜時のSiN膜の屈折率、消光係数及び膜厚は、酸化性混合溶液による酸化反応及び紫外線照射後に所望の透過率、位相差になるように、予め酸化性混合溶液による酸化反応及び遠紫外線照射での屈折率、消光係数及び膜厚の変化量を見込んで設定した。

【0049】また、図3では基板201と半透明膜202の界面に安定化層203が形成される例を説明したが、必ずしも安定化層203が半透明膜202と明確に区別して形成されるものではなく、半透明膜202の改質によって安定化領域が形成されるものであってもよい。この場合の例を、図4(a)～(f)に示す。工程は図3と同様であり、安定化層203の代わりに安定化領域202'が形成されている。

【0050】このように本実施例方法によれば、透明基板201と半透明膜202との境界部分に安定層203又は安定化領域202'を形成しているため、露光光照射で膜質が変化することなく安定した性能を維持することができ、第1の実施例と同様の効果が得られる。また、本実施例においても、第1の実施例で説明したように各種の変形が可能である。

(実施例3) 図5は、本発明の第3の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図である。本実施例では、露光光源を水銀ランプのi線とし、ハーフトーンマスクの半透明膜にはSiNを用いた。

【0051】また、図22に本実施例における屈折率n、消光係数kの推移を示す。曲線A'はSiNをスパッタ法により成膜したときの組成比に対する(n, k)曲線、曲線B'はP1'点のSiNx組成を固定し光照射と酸化を同時に生じさせた時の酸素濃度増加とダングリングボンド数を減少させて得られる(n, k)曲線である。

【0052】まず、図5(a)に示すように、透明基板301上にスパッタ法により膜厚が97nmのSiN膜(半透明膜)302を形成する。このとき、半透明膜302の振幅透過率は20.0%であった(図22のP1')。

【0053】次いで、図5(b)に示すように、酸素を含む雰囲気チャンバ312内の2箇所に設置された低圧水銀ランプにより185nmならびに254nmに波長を持つ遠紫外線311を、基板から半透明膜方向及び半透明膜から基板方向に均一に照射させる。この際、185nmの遠紫外線はチャンバ312内の酸素に吸収されオゾンが発生し、このオゾンが酸素に脱励起される際に300nm近傍の波長を有する光を発する。そして、こ

の光により基板301と半透明膜302との境界部分に安定化層303が形成される。

【0054】一方、このオゾンに254nmの遠紫外線が吸収されると励起酸素原子が生成される。そして、この励起酸素原子はSiN膜302と反応して酸化膜を形成する。このため、半透明膜302の経時変化を防止するための処理が不要となる。このとき、安定化層303を含めた半透明膜302の振幅透過率は21.9%に変化した(図22のP2')。

【0055】なお、成膜時のSiN膜の屈折率、消光係数及び膜厚は、オゾン並びに励起酸素原子による酸化反応及び紫外線照射後に所望の透過率、位相差になるように、予めオゾン並びに励起酸素原子による酸化反応及び紫外線照射での屈折率、消光係数及び膜厚の変化量を見込んで設定した。

【0056】次いで、図5(c)に示すように、SiN膜302上にEBレジスト304を塗布し、さらにEB描画時に生じるチャージアップを防止するために導電性の膜305をEBレジスト304上に形成する。その後、図5(d)に示すように、EB描画により所望のレジストパターン304aを形成する。

【0057】次いで、図5(e)に示すように、レジストパターン304aをマスクとしてSiN膜302を選択エッチングすることにより、SiN膜302のパターニングを行う。エッチングには、CDEやRIE等を用いればよい。そして、このエッチングによりSiN膜パターンを形成したのちレジストパターン304aを除去することにより、図5(f)に示すような露光用マスクが得られる。

【0058】なお、図5では基板301と半透明膜302の界面に安定化層303が形成される例を説明したが、必ずしも安定化層303が半透明膜302と明確に区別して形成されるものではなく、半透明膜302の改質によって安定化領域が形成されるものであってもよい。この場合の例を、図6(a)～(f)に示す。工程は図5と同様であり、安定化層303の代わりに安定化領域302'が形成されている。

【0059】また、ここでは安定化層303又は安定化領域302'は光照射により形成されているが、高温加熱処理を同時に行い、安定化反応をより促進させて行ってもよい。

【0060】このように本実施例方法によれば、透明基板301と半透明膜303との境界部分に安定層303を形成、又は安定化領域302'を形成しているため、露光光照射で膜質が変化することなく安定した性能を維持することができ、第1の実施例と同様の効果が得られる。また、本実施例においても、第1の実施例で説明したように各種の変形が可能である。

(実施例4) 図7は、本発明の第4の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図である。本実施例で

は、露光光源を水銀ランプのi線とし、ハーフトーンマスクの半透明膜にはCrOを用いた。

【0061】まず、図7(a)に示すように、透明基板401上にスパッタ法により膜厚が50nmのCrO膜(半透明膜)402を形成する。半透明膜402の膜厚、屈折率 $n$ 及び消衰係数 $k$ は、後の膜質安定化のための光照射を行った後、透明基板に対する位相差、透過率が所望の値となるように調整されている。このとき、半透明膜402の振幅透過率は23.0%であった。

【0062】次いで、図7(b)に示すように、CrO膜402上にEBレジスト404を塗布し、さらにEB描画時に生じるチャージアップを防止するために導電性の膜405をEBレジスト404上に形成する。その後、図7(c)に示すように、EB描画により所望のレジストパターン404aを形成する。

【0063】次いで、図7(d)に示すように、レジストパターン404aをマスクとしてCrO膜402を選択エッチングすることにより、CrO膜402のパターニングを行う。エッチングには、CDEやRIE等を用いればよい。このエッチングによってCrO膜パターンを形成したのち、レジストパターン404aを除去する。

【0064】次いで、図7(e)に示すように、酸素を含む雰囲気チャンバ412内の2箇所に設置された低圧水銀ランプにより185nmならびに254nmに波長を持つ遠紫外線411を、基板から半透明膜方向及び半透明膜から基板方向に均一に照射させる。この際、185nmの遠紫外線はチャンバ412内の酸素に吸収されオゾンが発生する。

【0065】本実施例では、ここで発生したオゾンによる表面酸化と遠紫外線による光安定化を同時に生じさせている。即ち、基板401と半透明膜402との境界面に安定化層403を形成すると同時に、半透明膜402の表面に酸化膜を形成している。このため、半透明膜402の経時変化を防止するための処理が不要となる。このとき、安定化層403を含めた半透明膜402の振幅透過率は25.0%に変化した。

【0066】なお、図7では基板401と半透明膜402の界面に安定化層403が形成される例を説明したが、必ずしも安定化層403が半透明膜402と明確に区別して形成されるものではなく、半透明膜402の改質によって安定化領域が形成されるものであってもよい。この場合の例を、図8(a)～(f)に示す。工程は図7と同様であり、安定化層403の代わりに安定化領域402'が形成されている。また、図8(e)に示す工程では、高圧水銀Xeランプにより365nm近傍に波長を持つ遠紫外線411を透明基板から半透明膜方向、及び半透明膜から透明基板方向に均一に照射させた。

【0067】なお、ここでは安定化層403又は安定化

領域402'は光照射により形成されているが、高温加熱処理を同時に行い、安定化反応をより促進させて行ってもよい。

【0068】このように本実施例方法によれば、透明基板401と半透明膜402との境界部分に安定層403を形成、または安定化領域403'を形成しているため、露光光照射で膜質が変化することなく安定した性能を維持することができ、第1の実施例と同様の効果が得られる。また、本実施例においても、第1の実施例で説明したように各種の変形が可能である。

(実施例5) 図9は、本発明の第5の実施例に係わる露光用マスクの製造装置を示す概略構成図である。この装置は、露光用マスクに露光光を照射する部分と、露光用マスクの透過率を測定する部分から構成されている。

【0069】露光用マスク500には、デバイスパターン501と透過率モニタエリア502が形成されている。光照射装置(第1の光源)511から放射された光は直線偏光フィルタ(偏光板)512を介し、露光用マスク500に照射される。なお、光照射装置511の光源には低圧水銀ランプ、高圧水銀ランプ、Xe-Hgランプ、重水素ランプ等が用いられ、これらを露光用マスク500の半透明膜の吸収帯に合うよう選択すればよい。このとき、照射される方向は透明基板から半透明膜の方向となるように、露光用マスク500は設置されている。

【0070】また、露光用マスク500は4端支持によりその中心部を回転の軸としてモータ513により回転されており、これにより光照射装置511からの光の均一照射が可能となっている。ここで、本実施例では露光用マスク500の4端を固定するようにしているが、周辺を保持するものであればこれに限るものではない。本実施例では同心円状で回転するものとしているが、偏心して回転するものでもよく、さらに偏心と自転運動を同時に行ってもかまわない。また、均一照射の観点からは、マスク側ではなく光照射装置側を回転させるようにしてもよい。

【0071】また、露光用マスクの透過率を測定する部分は、次のように構成されている。即ち、露光波長のみ発する透過率モニタ用光源(第2の光源)514から発せられた光は、直線偏光フィルタ512と直交する方向を持つ直線偏光フィルタ515を介して透過率モニタエリア502に照射される。そして、モニタエリア502を通過した光は、直線偏光フィルタ515と同方向の直線偏光フィルタ516を介して透過率受光部517に入射される。この透過率受光部517はフォトダイオード等の受光素子からなるもので、従ってモニタ用光源514の発光強度を一定にしておけば、フォトダイオードの出力からモニタエリア502の透過率が測定される。なお、透過率モニタ用光源側の直線偏光フィルタ515は特に設けなくてもよい。



【0072】透過率受光部517の測定結果は光照射装置511に供給されており、測定結果に応じて照射制御部518を介し光照射装置511を制御するものとなっている。具体的には、透過率受光部517により最適透過率が得られた時点で、光照射装置511の放射を終了するものとなっている。

【0073】このような構成であれば、光照射装置511からの光照射によって、露光用マスク500の透明基板と半透明膜との境界部分に前述した安定化層を形成、又は半透明膜に安定化領域を形成することができ、露光照射に伴う半透明膜の光学定数変動を防止することができる。また、本実施例では透過率を測定する機構を設けているが、直線偏光フィルタ512、515、516を設け、光照射装置511からの光とモニタ用光源からの光を分離しているので、露光用マスク500の透過率を正確に測定することができる。さらに、測定された透過率情報を光照射装置511にフィードバックしているので、露光用マスク500の最適透過率が得られる時点で光の照射を停止できる利点がある。

(実施例6) 図10は、本発明の第6の実施例に係わる露光用マスクの製造装置を示す概略構成図である。基本的な構成は第5の実施例と同様であるが、この実施例では安定化のための光と透過率測定のための光とを区別するために、直線偏光フィルタを用いる代わりに波長の違いを利用している。

【0074】露光用マスク600には、デバイスパターン601と透過率モニタエリア602が形成されている。光照射装置(第1の光源)611から放射された光は波長限定するためのフィルタ612を介し、半透明膜の赤外吸収帯の少なくとも一部を含む波長を持つ光が露光用マスク600に照射される。なお、光照射装置611の光源には低圧水銀ランプ、高圧水銀ランプ、Xe-Hgランプ、重水素ランプ等が用いられ、これらを露光用マスク600の半透明膜の吸収帯に合うよう選択すればよい。この際、照射される方向は透明基板から半透明膜の方向となるように、露光用マスク600は設置されている。

【0075】また、露光用マスク600は4端支持によりその中心部を回転の軸としてモータ613により回転されており、これにより光照射装置611からの光の均一照射が可能となっている。ここで、本実施例では露光用マスク600の4端を固定するようにしているが、周辺を固定するものであればこれに限るものではなく、第5の実施例で説明したように種々の変形が可能である。

【0076】また、露光用マスクの透過率を測定する部分は、次のように構成されている。即ち、露光波長のみ発する透過率モニタ用光源(第2の光源)614から発せられた光は、透過率モニタエリア602に照射され、このモニタエリア602を通過した光は透過率受光部617に入射される。この透過率受光部617は光センサ

からなるもので、従ってモニタ用光源614の発光強度を一定にしておけば、光センサの出力からモニタエリア602の透過率が測定される。

【0077】ここで、透過率受光部617は、光照射装置611からの光とモニタ用光源614からの光とを区別するために、波長選択性を有するものが望ましい。具体的には、分光機能が付加されたフォトマルチプライヤ或いはフォトダイオードを用いればよい。また、波長選択性を有しない光センサを用いる場合、光センサの入力側に光照射装置611からの光をカットしモニタ用光源614からの光を透過するフィルタを配置すればよい。

【0078】透過率受光部617の測定結果は光照射装置611に供給されており、測定結果に応じて照射制御部618を介し光照射装置611を制御するものとなっている。具体的には、透過率受光部617により最適透過率が得られた時点で、光照射装置611の放射を終了するものとなっている。

【0079】このような構成であれば、光照射装置611からの光照射によって、露光用マスク600の透明基板と半透明膜との境界部分に前述した安定化層を形成、又は半透明膜に安定化領域を形成することができ、露光照射に伴う半透明膜の光学定数変動を防止することができる。また、本実施例では透過率を測定する機構を設けているが、波長の違いを利用して安定化用の光と透過率モニタ用の光とを分離しているので、露光用マスク600の透過率を正確に測定することができる。さらに、測定された透過率情報を光照射装置611にフィードバックしているので、露光用マスク600の最適透過率が得られる時点で光の照射を停止できる利点がある。

(実施例7) 図11は、本発明の第7の実施例に係わる露光用マスクの製造装置を示す概略構成図である。基本的な構成は第6の実施例と同様であるが、この実施例では安定化のための光と透過率測定のための光とを区別するために、各々の光を照射する時間をずらしている。

【0080】露光用マスク700には、デバイスパターン701と透過率モニタエリア702が形成されている。光照射装置(第1の光源)711から放射された光はシャッタ712を介し、周期的に露光用マスク700に照射される。なお、光照射装置711の光源には低圧水銀ランプ、高圧水銀ランプ、Xe-Hgランプ、重水素ランプ等が用いられ、これらを露光用マスク700の半透明膜の吸収帯に合うよう選択すればよい。また、光照射装置に周期的に発光するレーザ、例えばKrFエキシマレーザなどを用いればシャッタ712は不要である。この際、照射される方向は透明基板から半透明膜の方向となるように、露光用マスク700は設置されている。

【0081】また、露光用マスク700は4端支持によりその中心部を回転の軸としてモータ713により回転されており、これにより光照射装置711からの光の均



一照射が可能となっている。ここで、本実施例では露光用マスク700の4端を固定するようにしているが、周辺を固定するものであればこれに限るものではなく、第5の実施例で説明したように種々の変形が可能である。

【0082】また、露光用マスクの透過率を測定する部分は、次のように構成されている。即ち、露光波長のみ発する透過率モニタ用光源（第2の光源）714から発せられた光は、シャッタ715を介して周期的に透過率モニタエリア702に照射され、このモニタエリア702を通過した光は透過率受光部717に入射される。このとき、光照射装置714から光が照射されない時期に透過率モニタ用光源714からの光が透過率モニタエリア702に照射されるようにシャッタ715は制御されている。なお、透過率モニタ用光源714に周期的に発光するレーザ、例えばKrFエキシマレーザなどを用い、かつ光照射装置711の照射時期からずらした時期に透過率モニタ用光源から照射できればシャッタ715は不要である。透過率受光部717は光センサからなるもので、従ってモニタ用光源714の発光強度を一定にしておけば、光センサの出力からモニタエリア702の透過率が測定される。

【0083】透過率受光部717の測定結果は光照射装置711に供給されており、測定結果に応じて照射制御部718を介し光照射装置711を制御するものとなっている。具体的には、透過率受光部717により最適透過率が得られた時点で、光照射装置711の放射を終了するものとなっている。

【0084】このような構成であれば、光照射装置711からの光照射によって、露光用マスク700の透明基板と半透明膜との境界部分に前述した安定化層を形成、又は半透明膜に安定化領域を形成することができ、露光光照射に伴う半透明膜の光学定数変動を防止することができる。

【0085】また、本実施例では透過率を測定する機構を設けているが、シャッタ712、715を設け光照射の時期をずらすことにより、安定化用の光と透過率モニタ用の光とを分離しているので、露光用マスク700の透過率を正確に測定することができる。さらに、測定された透過率情報を光照射装置711にフィードバックしているので、露光用マスク700の最適透過率が得られる時点で光の照射を停止できる利点がある。

【0086】なお、本実施例では半透明膜の透過率をモニタする機構が設けられているが、この代わりに分光エリブソにより反射光をモニタし得られる半透明膜の屈折率 $n$ 、消衰係数 $k$ から透過率及び位相差を求め終点判別を行う機構が設置されていてもよい。

（実施例8）本実施例記載の製造装置並びに製造方法により得られた振幅透過率24.5%、位相差180度のハーフトーン型位相シフトマスクを用い、露光光源にKrFレーザを用いて0.3 $\mu$ mのホールパターンの転写

結果を評価したところ、1.5 $\mu$ mの焦点深度を得ることができた。また、同一のマスクを500ロットを照射した時点で再度転写結果を評価したところ、焦点深度は1.5 $\mu$ mとマスク作製時の性能をそのまま維持することができた。

【0087】一方、従来の方法で作製したマスクは、500ロットを照射した時点で露光光照射並びに経時変化により成膜時の振幅透過率24.5%、位相差180度から振幅透過率26.5%、位相差170度へと大きく変動し、この結果、焦点深度は0.8 $\mu$ mとマスク作製時の性能を大幅に劣化させていることが分かった。この結果、本実施例の記載の製造装置並びに製造方法により作製されたハーフトーン型位相シフトマスクを用いることにより、デバイスへの適用範囲が大きく広がった。なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0088】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、露光光照射に対する半透明膜の不安定さを、予め透明基板側から半透明膜に放射線を照射させることによって安定させ、これまで回避不可能であった透過率変動を防ぐことが可能となる露光用マスクとその製造方法及び製造装置を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図2】第1の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図3】第2の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図4】第2の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図5】第3の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図6】第3の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図7】第4の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図8】第4の実施例に係わる露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図9】第5の実施例に係わる露光用マスクの製造装置を示す概略構成図。

【図10】第6の実施例に係わる露光用マスクの製造装置を示す概略構成図。

【図11】第7の実施例に係わる露光用マスクの製造装置を示す概略構成図。

【図12】本発明における半透明膜（SiN）の透過率変化を示す特性図。

【図13】従来技術による半透明膜（SiN）の透過率

変化を示す特性図。

【図14】本発明における安定化処理前後の複素屈折率変化を示す特性図。

【図15】本発明において、露光波長をi線としCrOの組成を変えたときに得られる屈折率nと消費係数kとの関係を示す特性図。

【図16】本発明において、露光波長をg線としCrOの組成を変えたときに得られる屈折率nと消費係数kとの関係を示す特性図。

【図17】本発明において、露光波長をi線としAlO<sub>2</sub>の組成比を変えたときに得られる屈折率nと消費係数kとの関係を示す特性図。

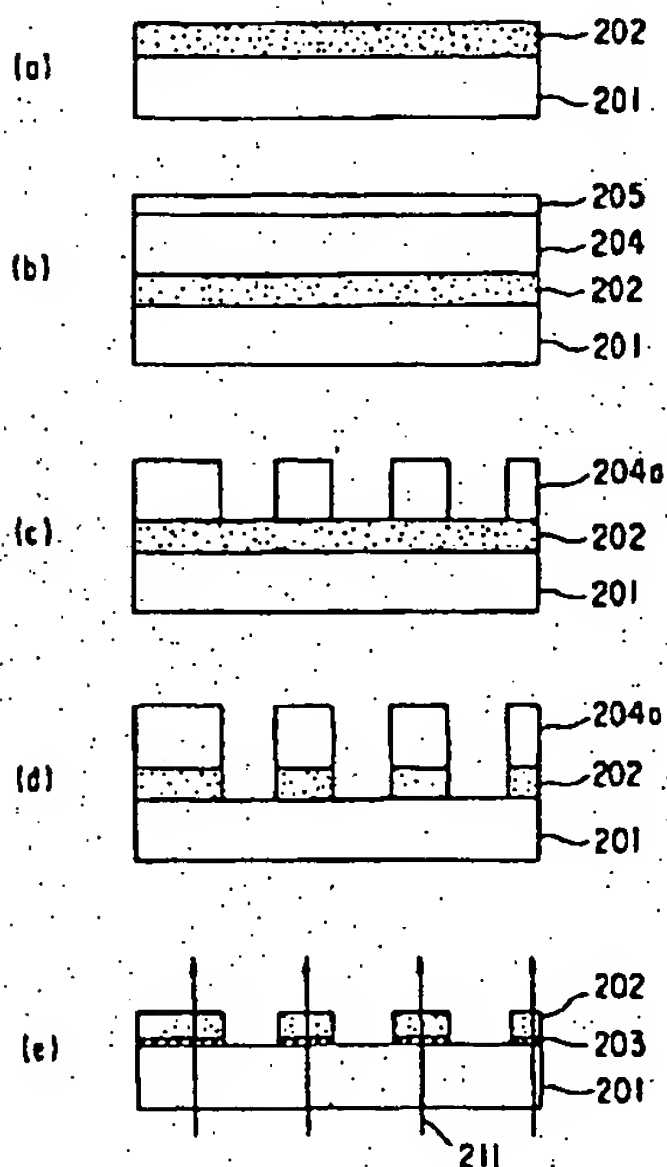
【図18】本発明において、露光波長をg線のKrFレーザとしAlO<sub>2</sub>の組成比を変えたときに得られる屈折率nと消費係数kとの関係を示す特性図。

【図19】本発明において、露光波長をg線、i線としTiO<sub>2</sub>の組成比を変えたときに得られる屈折率nと消費係数kとの関係を示す特性図。

【図20】本発明において、露光波長をi線としSiNの組成比を変えたときに得られる屈折率nと消費係数kとの関係を示す特性図。

【図21】本発明において、SiNの組成比を変えたときに得られる屈折率nと消費係数kとの関係を示すもの

【図3】



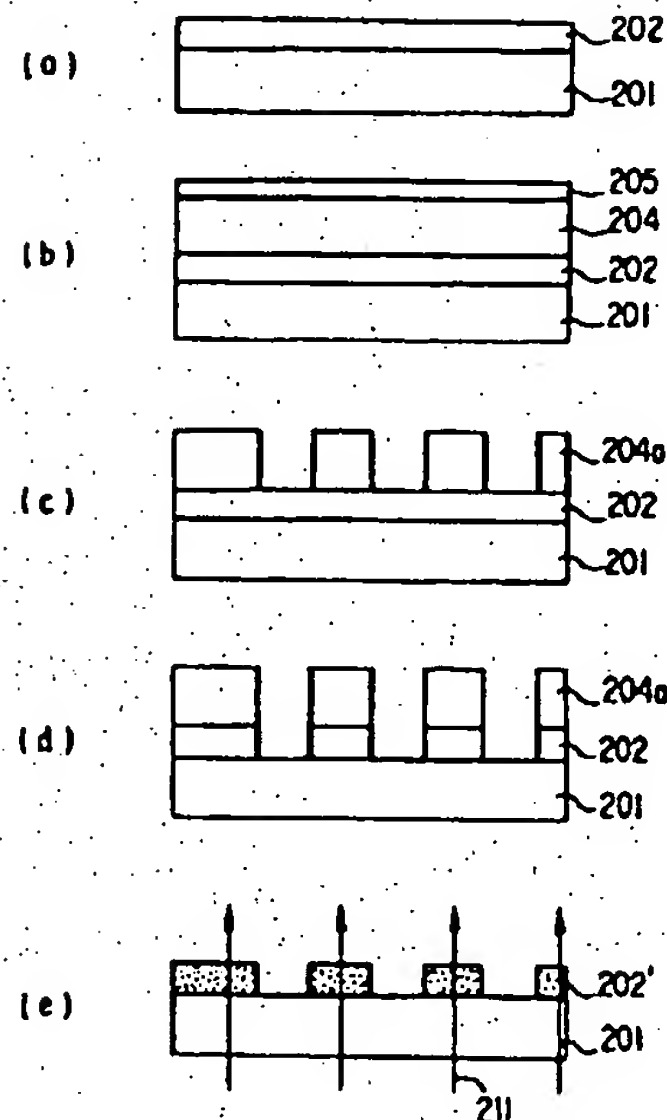
で、特に酸素添加、光照射により変化する(n, k)曲線を示す特性図。

【図22】本発明において、露光波長を水銀ランプのi線としSiNの組成比を変えたときに得られる屈折率nと消費係数kとの関係を示す特性図。

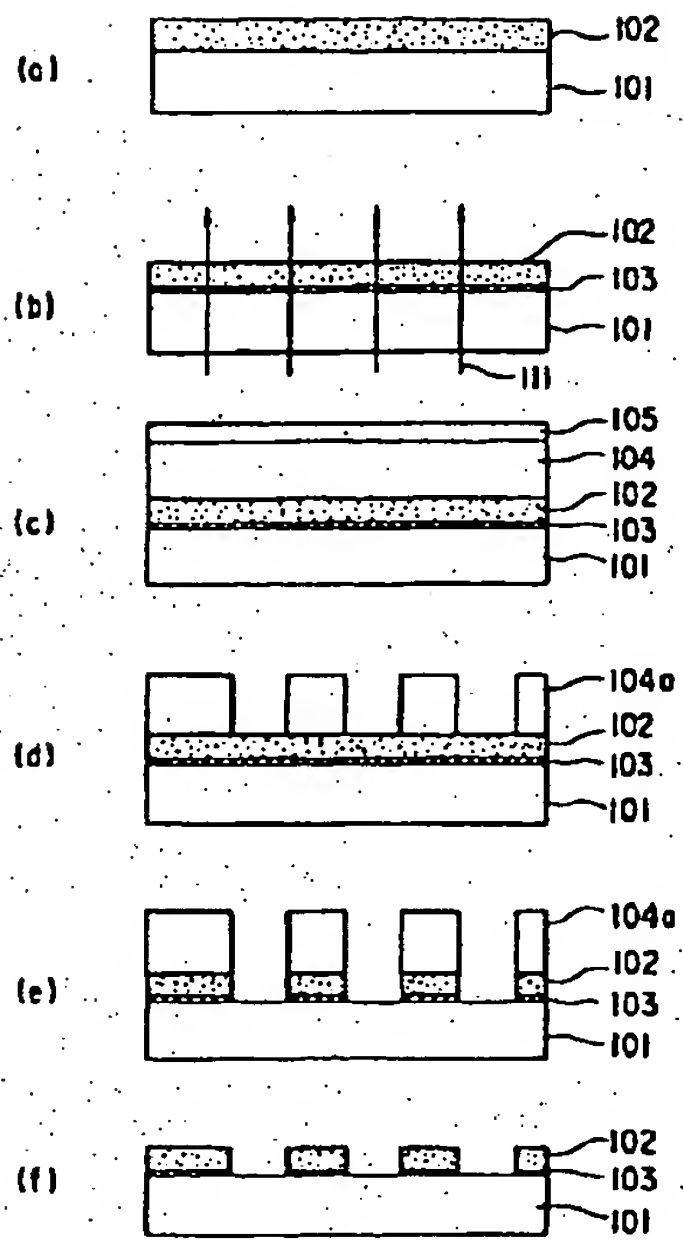
【符号の説明】

- 101, 201, 301, 401…透明基板
- 102, 202, 302…SiN膜(半透明膜)
- 103, 203, 303, 403…安定化層
- 104, 204, 304, 404…EBレジスト
- 105, 205, 305, 405…導電膜
- 111, 211, 311, 411…遠視外線
- 312, 412…酸素雰囲気チャンバ
- 402…CrO膜(半透明膜)
- 500, 600…露光用マスク
- 501, 601…デバイスパターン
- 502, 602…透過率モニタエリア
- 511…光照射装置(第1の光源)
- 512, 515, 516…直線偏光フィルタ
- 513, 613…モータ
- 514, 614…透過率モニタ用光源(第2の光源)
- 517, 617…透過率受光部
- 612…波長選択フィルタ

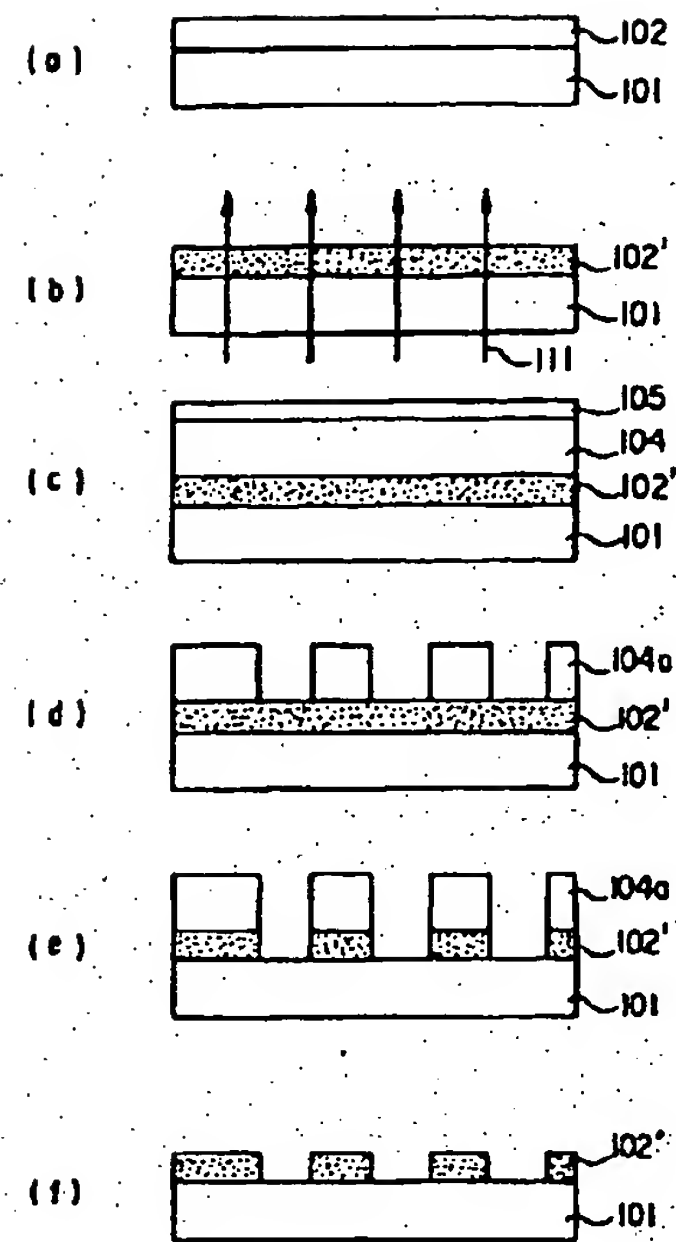
【図4】



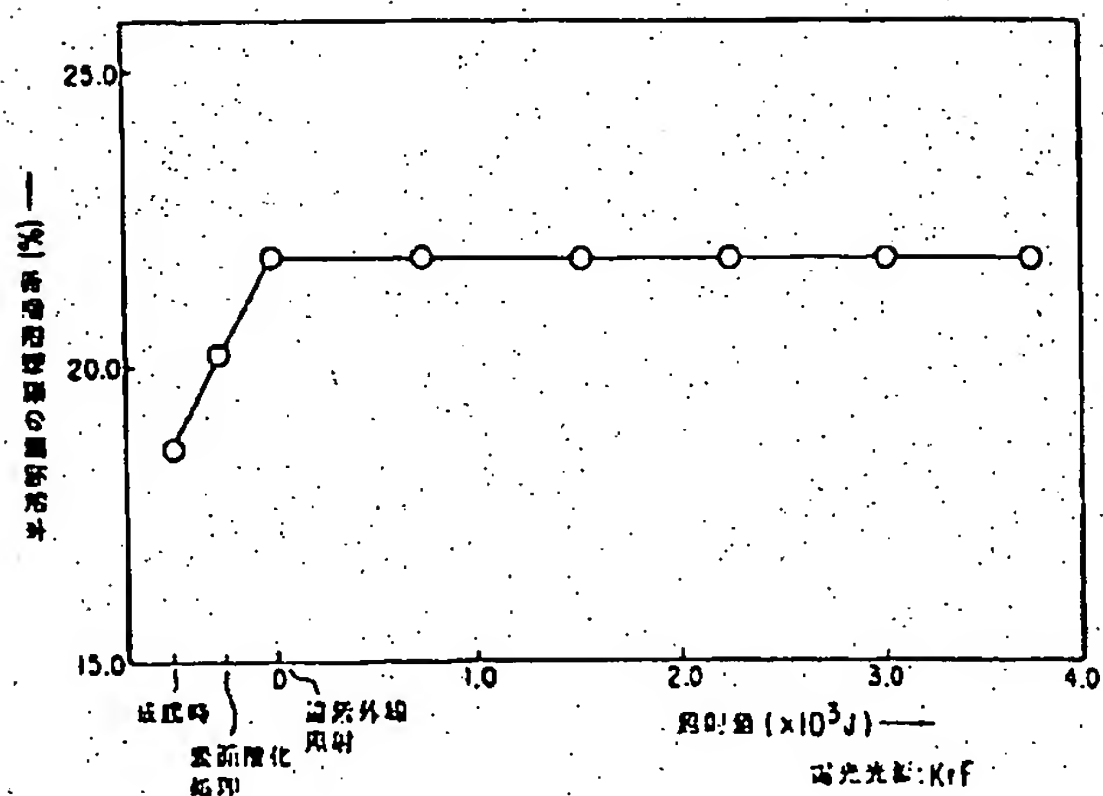
【図1】



【図2】

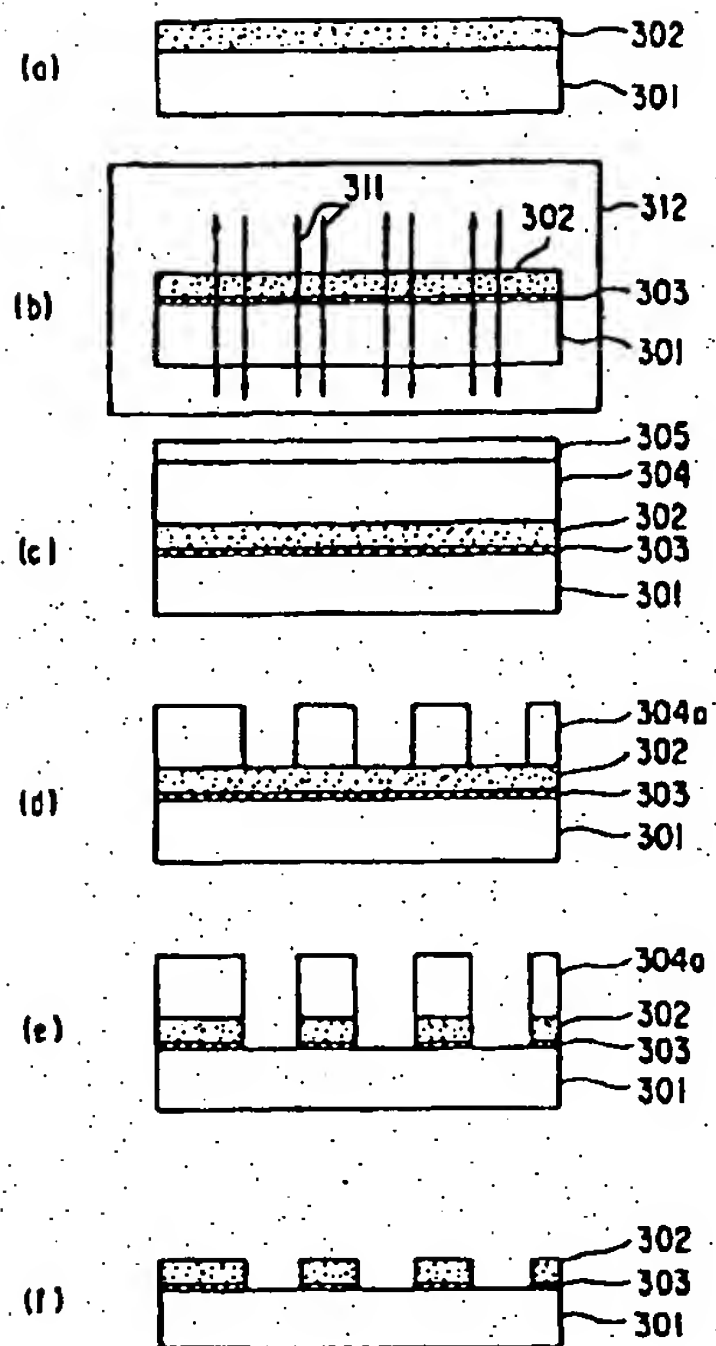


【図12】

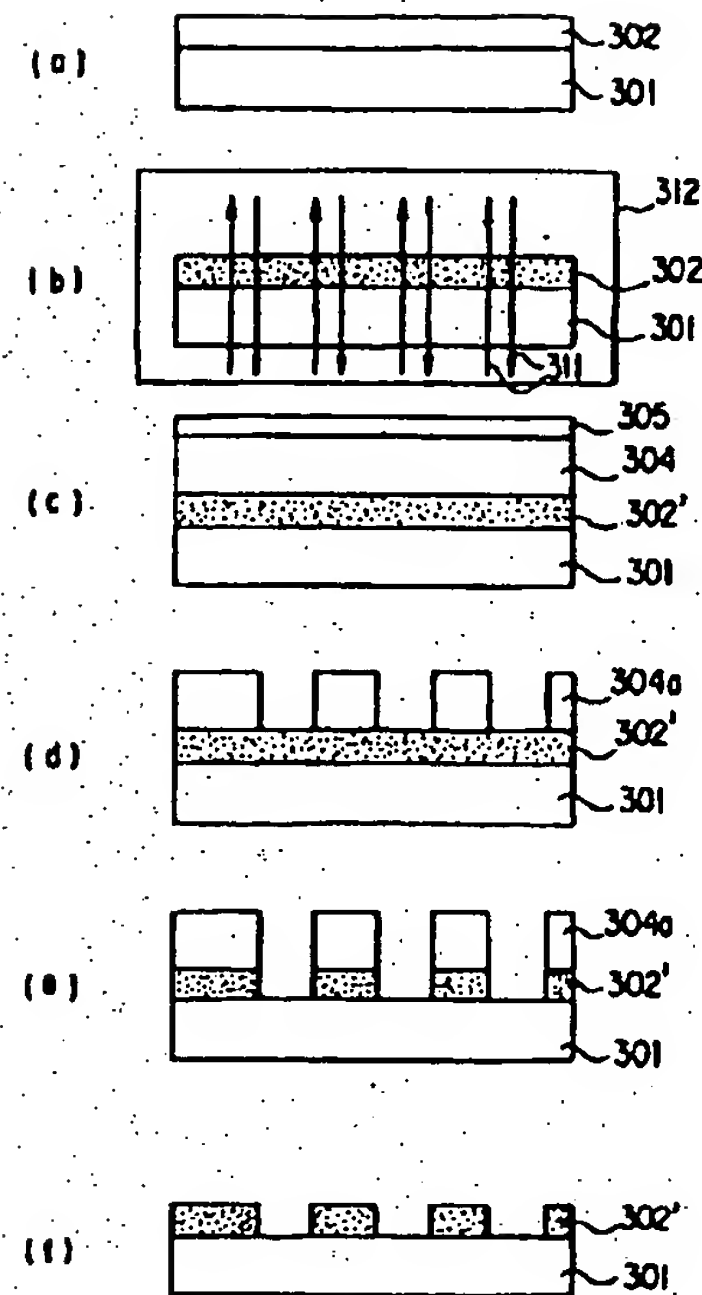




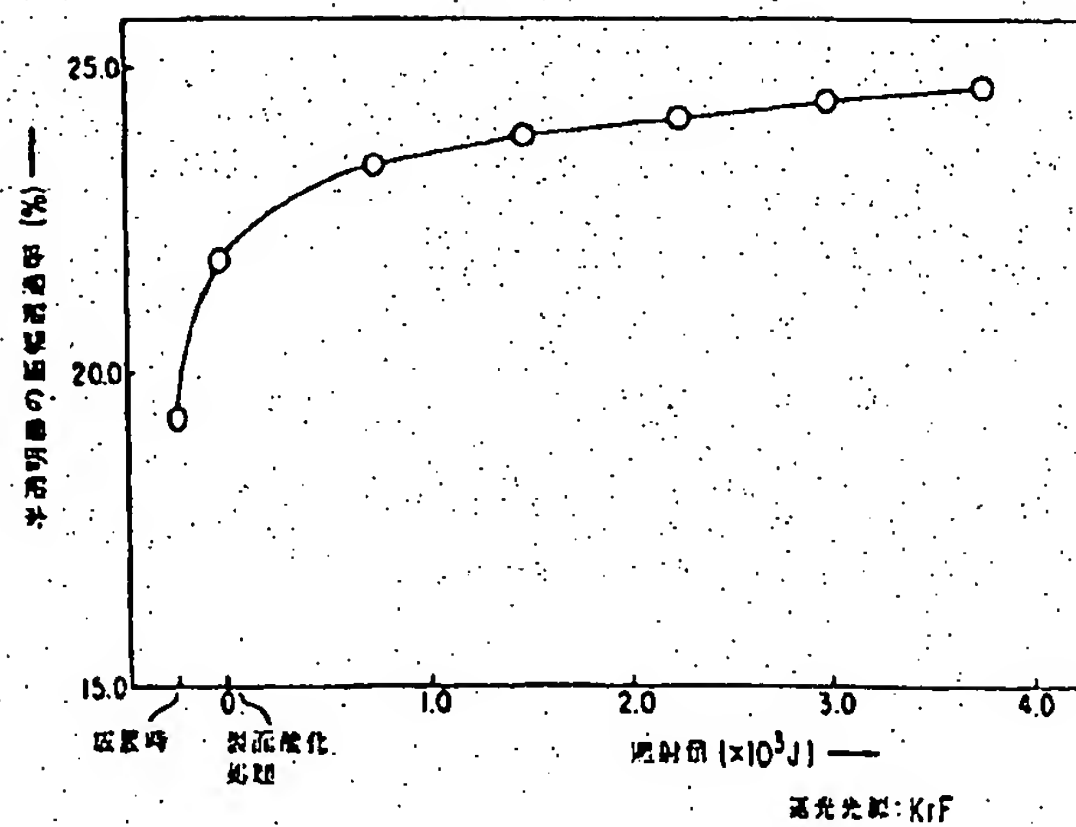
【図5】



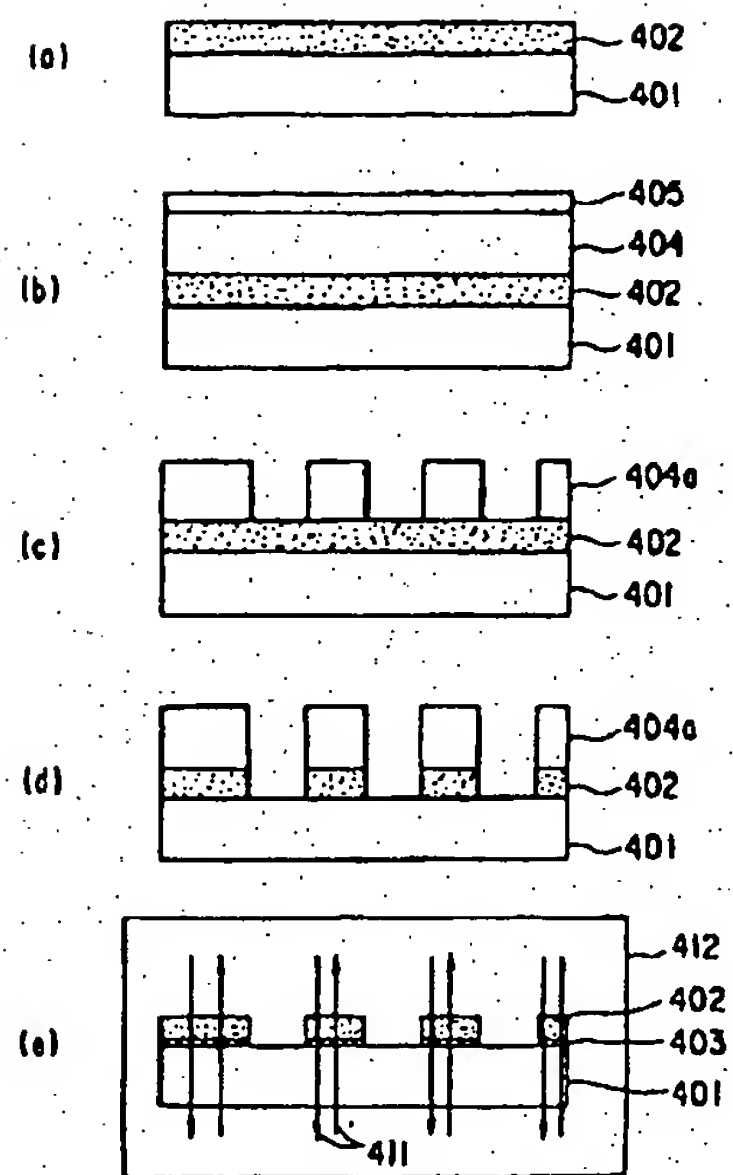
【図6】



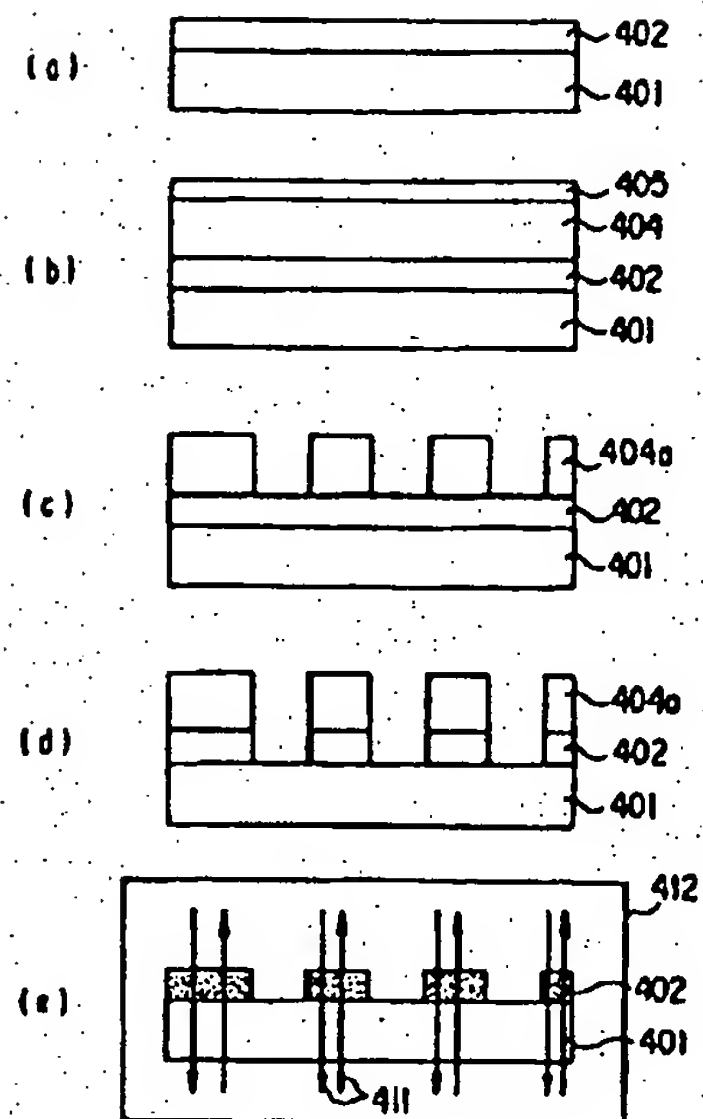
【図13】



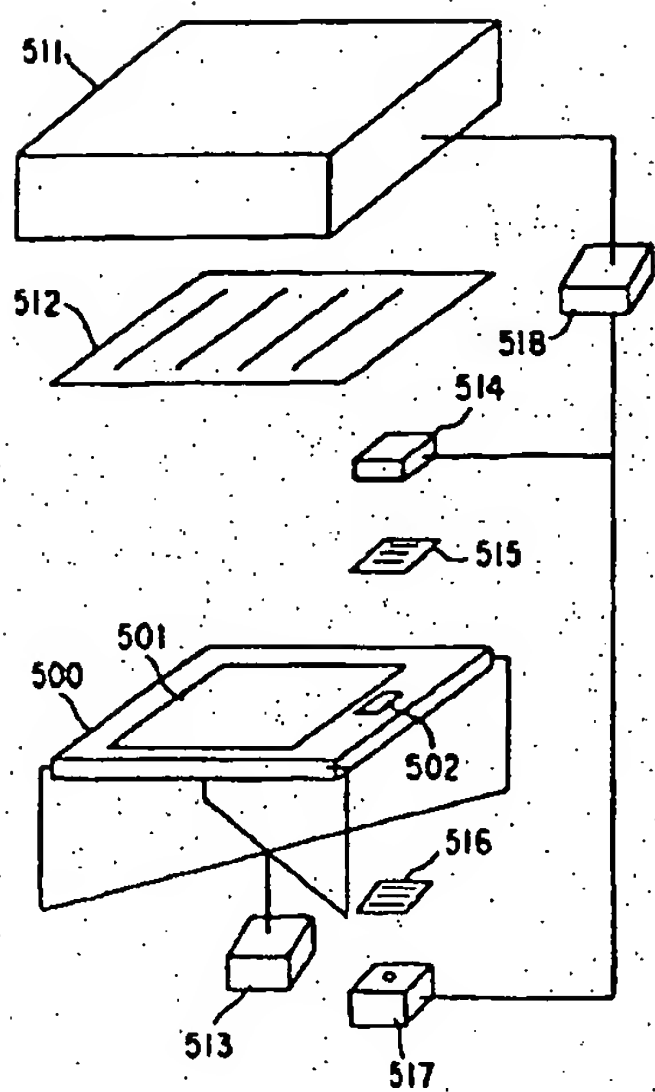
【図7】



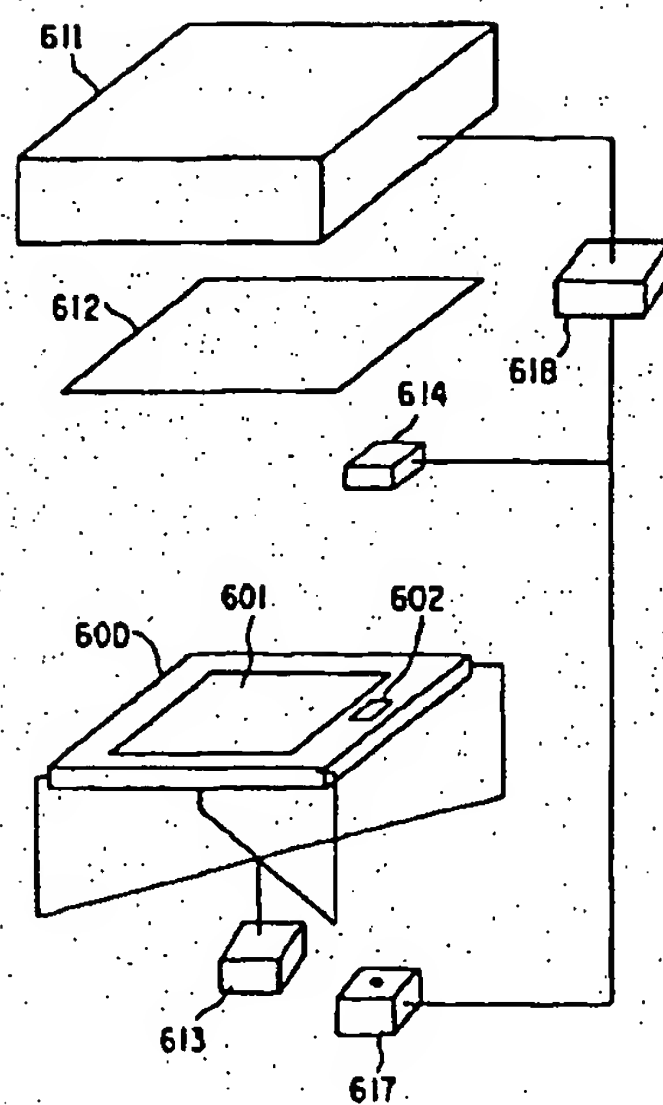
【図8】



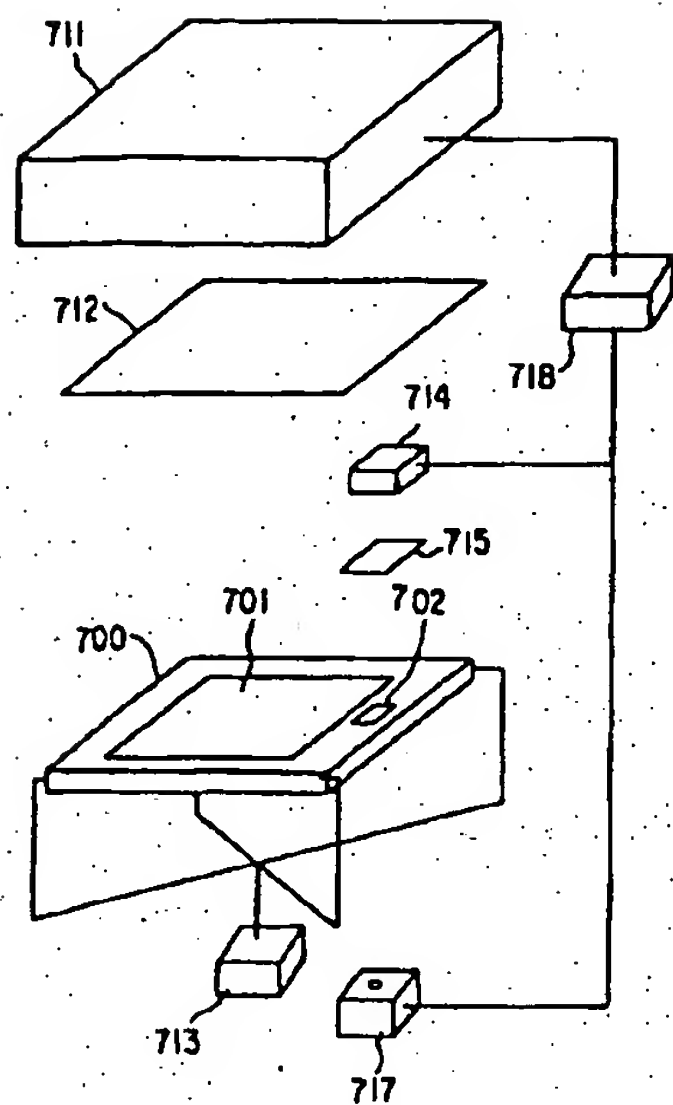
【図9】



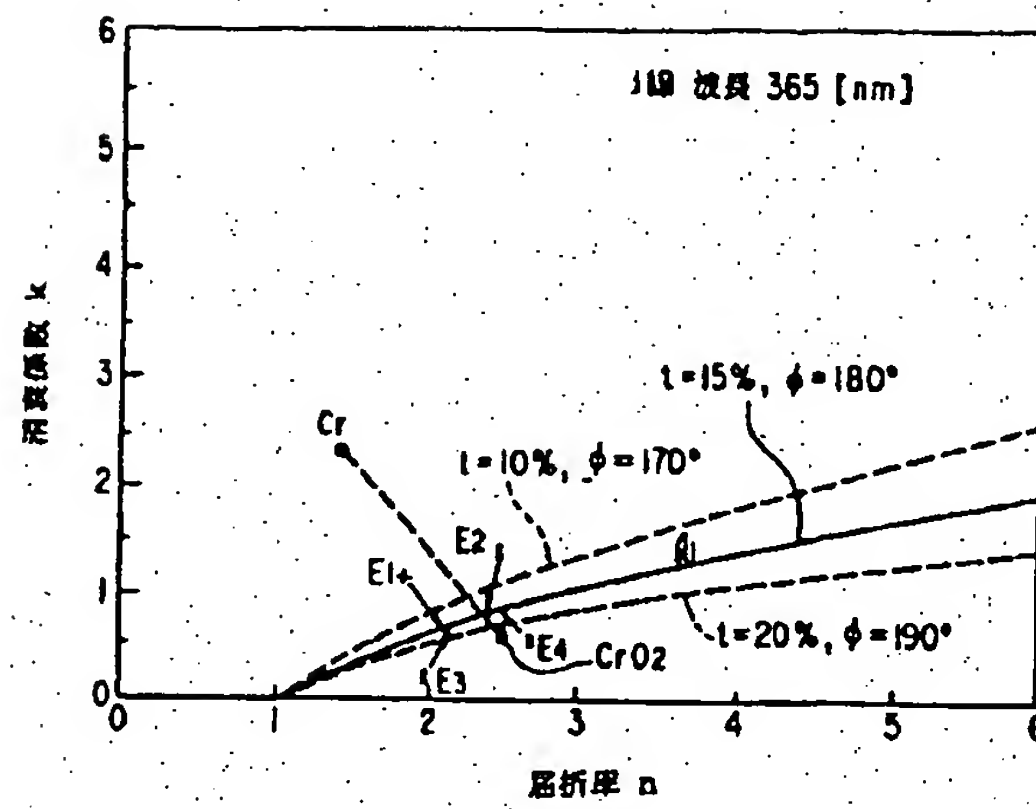
【図10】



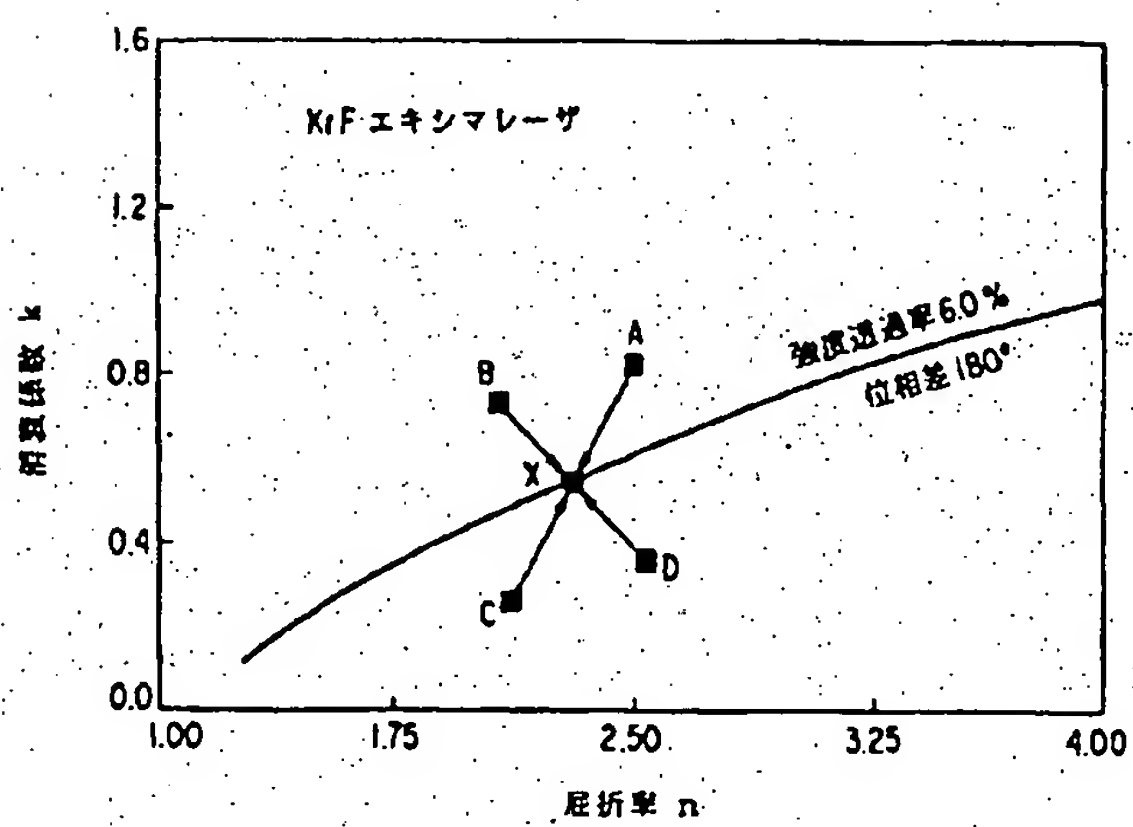
【図11】



【図15】

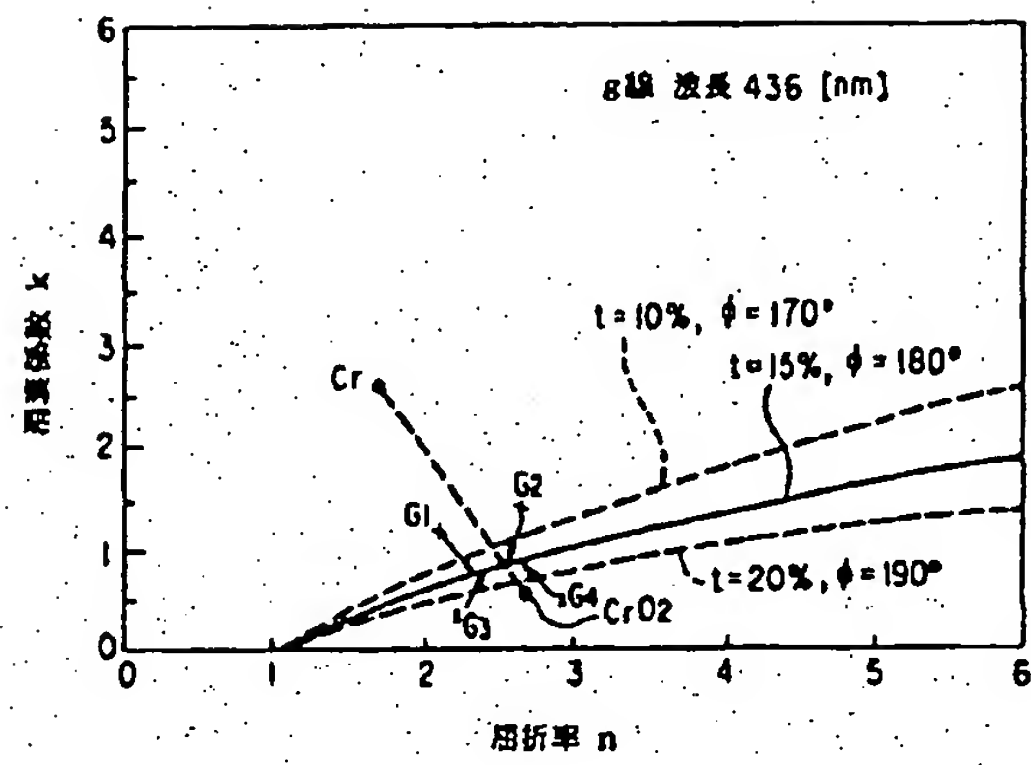


【図14】

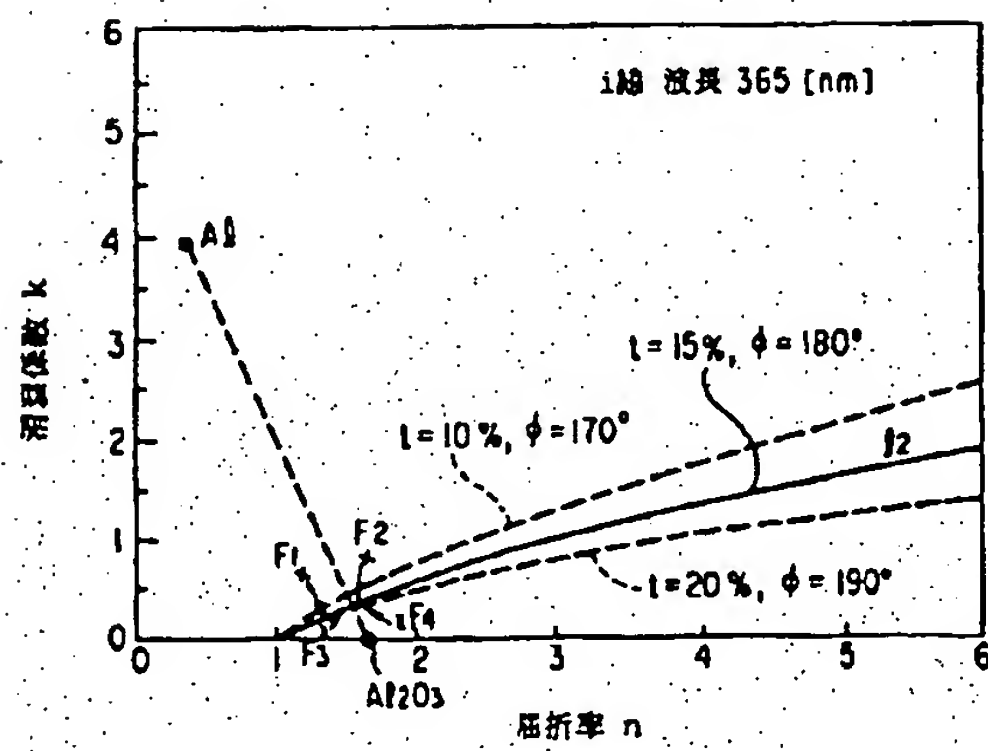




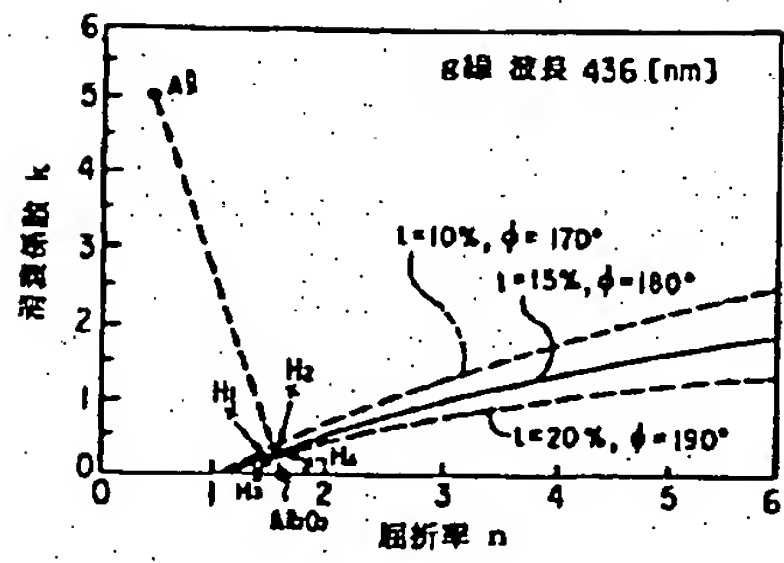
【図16】



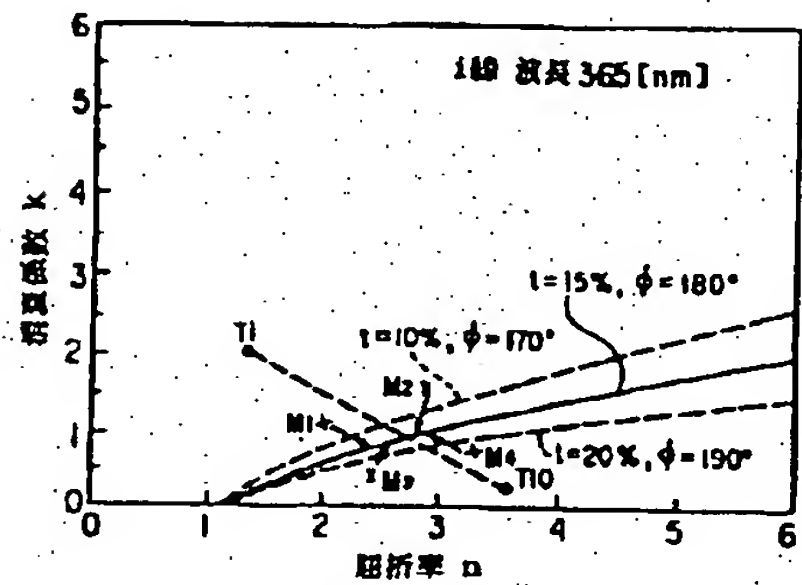
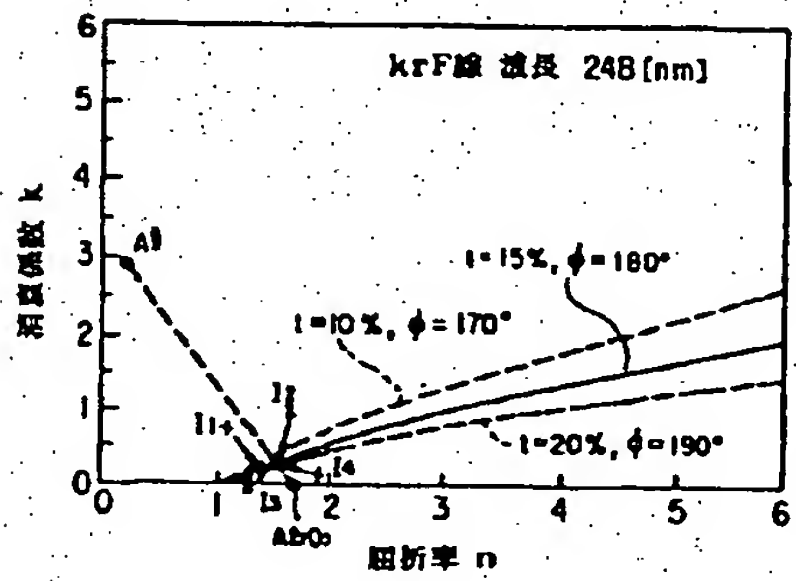
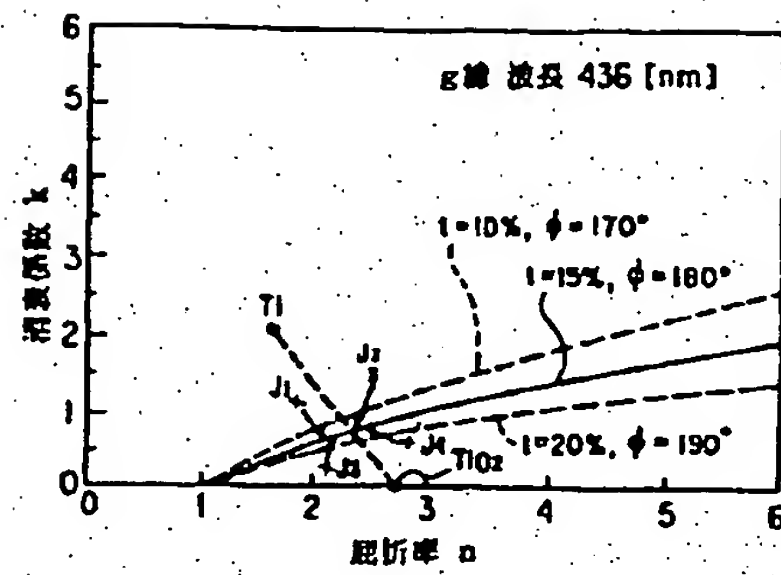
【図17】



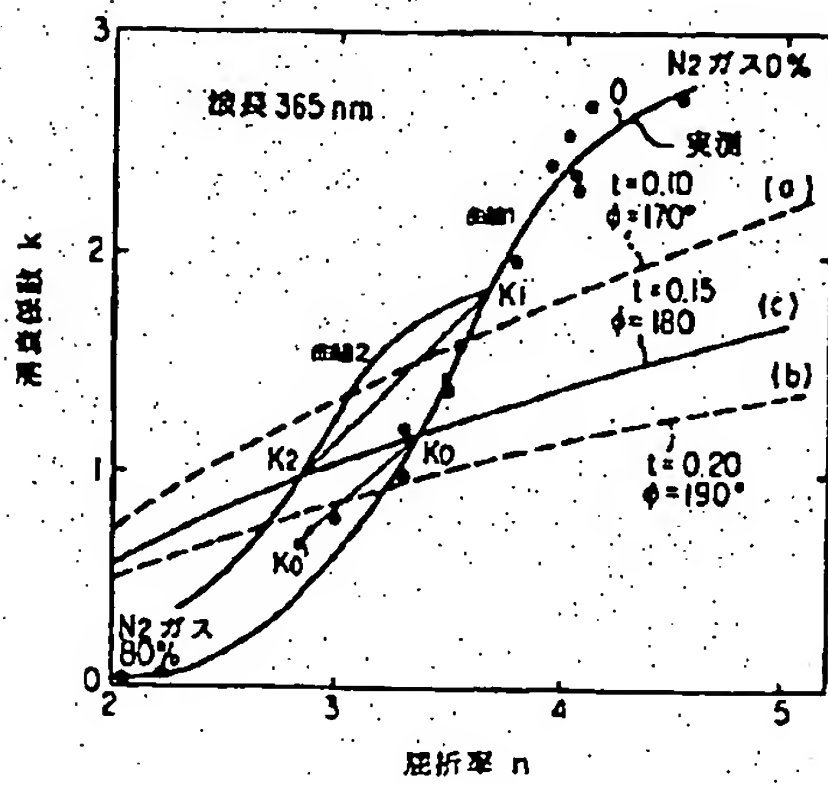
【図18】



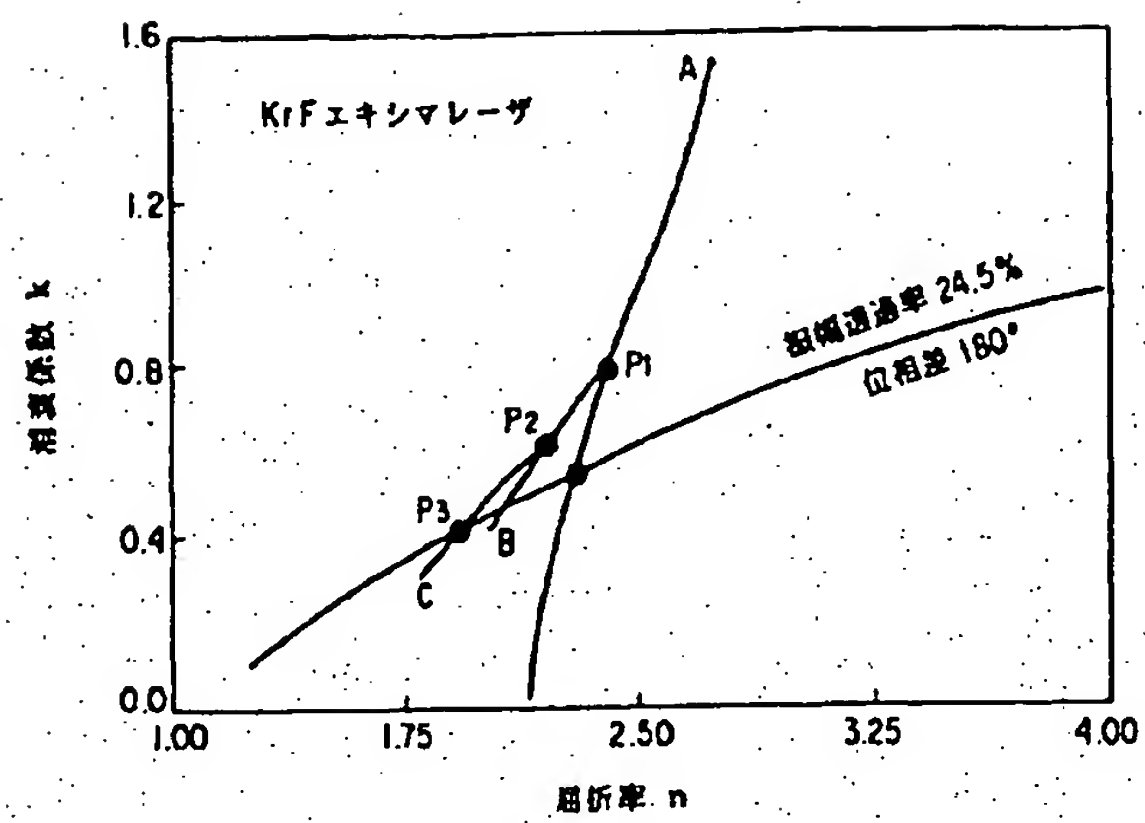
【図19】



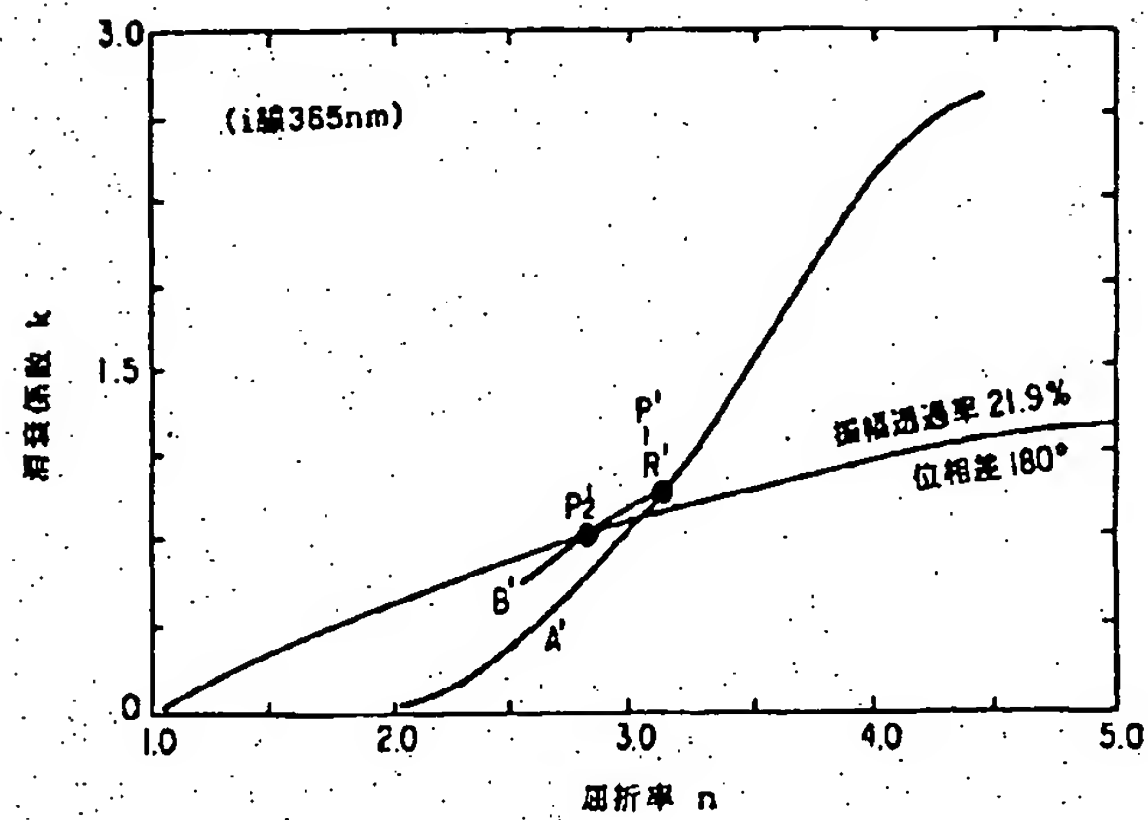
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 正光  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内